

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-283821

(43)公開日 平成11年(1999)10月15日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

H 0 1 F 1/34

H 0 1 F 1/34

J

H 0 1 P 1/36

H 0 1 P 1/36

A

1/383

1/383

A

審査請求 未請求 請求項の数 4 F D (全 13 頁)

(21)出願番号 特願平10-102170

(71)出願人 000003067

ティーディーケイ株式会社

東京都中央区日本橋1丁目13番1号

(22)出願日 平成10年(1998)3月30日

(72)発明者 鈴木 和明

東京都中央区日本橋一丁目13番1号 ティーディーケイ株式会社内

(72)発明者 大波多 秀典

東京都中央区日本橋一丁目13番1号 ティーディーケイ株式会社内

(72)発明者 倉橋 孝秀

東京都中央区日本橋一丁目13番1号 ティーディーケイ株式会社内

(74)代理人 弁理士 石井 陽一

(54)【発明の名称】 非可逆回路素子

(57)【要約】

【課題】 小型化可能で温度特性に優れた非可逆回路素子を提供する。

【解決手段】 本発明の非可逆回路素子は、磁気回転子が、 $(YxR_{1-x})_3(FeYM_{1-Y})_{5+Z}O_{12}$  (ただし、RはCa、Bi、Gdおよび希土類元素の1種以上を表し、MはAl、V、Co、In、Zr、Sn、Ga、Mn、Si、GeおよびTiの1種以上を表す。)と表したとき、

$X=1\sim 0.2$

$Y=1\sim 0.6$

$Z=-0.005\sim 0.005$

である酸化物磁性材料を含み、外部磁石が残留磁束密度の温度係数が $-0.15\%/^{\circ}C$ 以上 $0\%/^{\circ}C$ 未満の磁石であり、容量部が $Pb_0.98Zr_{0.02}O_3$ と表したとき、

$A/B=0.98\sim 1.1$

である酸化物を主組成とする非可逆回路素子。

## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 磁気回転子が、 $(YxR_{1-x})_3(FeYM_{1-y})$  $5 \leq z \leq 12$ 

(ただし、RはCa、Bi、Gdおよび希土類元素の1種以上を表し、

MはAl、V、Co、In、Zr、Sn、Ga、Mn、Si、GeおよびTiの1種以上を表す。)と表したとき、

 $x = 1 \sim 0.2$  $y = 1 \sim 0.6$  $z = -0.005 \sim 0.005$ 

である酸化物磁性材料を含み、

外部磁石が残留磁束密度の温度係数が $-0.15\%/^{\circ}\text{C}$ 以上 $0\%/^{\circ}\text{C}$ 未満の磁石であり、

容量部が $\text{PbAZrB}_3$ と表したとき、

 $A/B = 0.98 \sim 1.1$ 

である酸化物を主組成とする非可逆回路素子。

【請求項 2】 前記外部磁石の $25^{\circ}\text{C}$ での残留磁束密度が $5\text{ kG}$ 以上である請求項 1 の非可逆回路素子。

【請求項 3】 前記外部磁石が $\text{SmCo}_5$ 系、 $\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$ 系、 $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ 系、 $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{C}$ 系、 $\text{Sm}(\text{Fe}_{11}\text{Ti})$ 系、 $\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}\text{N}_{2.5}$ 系、 $\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}\text{C}_{2.2}$ 系、 $\text{Nd}(\text{Fe}_{11}\text{Ti})\text{No.8}$ 系、 $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ と $\text{Fe}_3\text{B}$ の微細複合材料、 $\text{SmFe}_7\text{N}_2$ と $\text{Fe}$ の微細複合材料または $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ と $\text{Fe}$ の微細複合材料のいずれかを主組成とする希土類磁石である請求項 1 または 2 の非可逆回路素子。

【請求項 4】 前記外部磁石が $\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$ 系、 $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ 系のいずれかを主組成とする希土類磁石である請求項 1 ～ 3 のいずれかの非可逆回路素子。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、集中定数型アイソレータ、サーキュレータ等の非可逆回路素子に関する。

【0002】

【従来の技術】携帯電話に代表される移動体通信の普及に伴い、これらの通信機器に搭載される電子部品の小型化が求められている。しかし、通信機の入出力部分に搭載されるアイソレータ、サーキュレータは、パワーアンプと並び、小型化の進展が他の電子部品より遅れている。

【0003】従来のアイソレータ、サーキュレータの基本構造を図1に示す。非可逆性をもたらす磁気回転子1の上には、この磁気回転子1に直流磁界を印加するための外部磁石2が取り付けられており、この下には、容量基板としてコンデンサ3が取り付けられている。さらに、外部磁石2に接して全体を取り囲むようにヨーク4が設けられている。

【0004】通常、磁気回転子11としてはYIG(イットリウム鉄ガーネット)系のもの、具体的には $\text{Y}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ を基本組成とし、これに各種元素を添加した置換型ガーネットフェライトが用いられる。また、外部磁

界印加用磁石12としてはフェライト磁石が、容量部分のコンデンサ13としては誘電率温度特性が0近傍の高周波用セラミックまたはガラスエポキシ樹脂等を用いたコンデンサが用いられている。YIGは飽和磁化 $M_s$ の温度特性が $-7 \sim -0.1\%/^{\circ}\text{C}$ と大きいので、残留磁束密度 $B_r$ の温度特性が大きいフェライト磁石を外部磁石に用いることでキャンセルして、アイソレータ、サーキュレータ素子全体としての温度係数を0に近くなるようにしていた。

【0005】これらアイソレータ、サーキュレータ等の非可逆回路素子を小型化する方法としては、より高性能な磁石を用いて、必要な磁界を維持しつつ、磁石を小型化する方法が考えられる。従来用いられてきたフェライト磁石は比較的弱い磁石で、より強力な磁力を有する磁石としてはネオジウム・鉄・ボロン系磁石、サマリウム・鉄・窒素系磁石、サマリウム・コバルト系磁石等がある。しかしながら、これらの磁石はフェライト磁石よりも温度特性がフラットであるため、YIGの大きな温度特性を磁石の温度特性でキャンセルすることができず、このため、アイソレータ、サーキュレータ素子全体としての温度特性をフラットにすることができない。

【0006】また、アイソレータ・サーキュレータを小型化するためには、誘電率の大きい誘電体材料を用いて、容量部分を形成するコンデンサを小型化する方法が考えられる。しかし、従来の高周波用誘電体よりも誘電率の大きい $\text{PbZrO}_3$ は、誘電率の温度特性が大きく、YIG、フェライト磁石と組み合わせた場合、温度係数を整合することができず、素子の温度係数が大きくなるので、従来は容量部分に $\text{PbZrO}_3$ を使用できなかった。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】本発明の目的は、小型化可能で温度特性に優れた非可逆回路素子を提供することである。

【0008】

【課題を解決するための手段】このような目的は、下記の本発明により達成される。

【0009】(1) 磁気回転子が、 $(YxR_{1-x})_3(FeYM_{1-y})_{5 \leq z \leq 12}$

(ただし、RはCa、Bi、Gdおよび希土類元素の1種以上を表し、MはAl、V、Co、In、Zr、Sn、Ga、Mn、Si、GeおよびTiの1種以上を表す。)と表したとき、

 $x = 1 \sim 0.2$  $y = 1 \sim 0.6$  $z = -0.005 \sim 0.005$ 

である酸化物磁性材料を含み、外部磁石が残留磁束密度の温度係数が $-0.15\%/^{\circ}\text{C}$ 以上 $0\%/^{\circ}\text{C}$ 未満の磁石であり、容量部が $\text{PbAZrB}_3$ と表したとき、

 $A/B = 0.98 \sim 1.1$ 

である酸化物を主組成とする非可逆回路素子。

(2) 前記外部磁石の $25^{\circ}\text{C}$ での残留磁束密度が $5\text{ kG}$

以上である上記(1)の非可逆回路素子。

(3) 前記外部磁石がSmCo5系、Sm2Co17系、Nd2Fe14B系、Nd2Fe14C系、Sm(Fe11Ti)系、Sm2Fe17N2.5系、Sm2Fe17C2.2系、Nd(Fe11Ti)No.8系、Nd2Fe14BとFe3Bの微細複合材料、SmFe7N2とFeの微細複合材料またはNd2Fe14BとFeの微細複合材料のいずれかを主組成とする希土類磁石である上記(1)または(2)の非可逆回路素子。

(4) 前記外部磁石がSm2Co17系、Nd2Fe14B系のいずれかを主組成とする希土類磁石である上記(1)～

(3)のいずれかの非可逆回路素子。

【0010】

【作用】本発明の非可逆回路素子は、外部磁界印加用磁石に温度係数が $-0.15\%/^{\circ}\text{C}$ 以上 $0\%/^{\circ}\text{C}$ 未満の磁石、容量部にPbZrO3を組み合わせて、温度係数が整合し、温度による帯域特性の周波数シフトを防ぐことができる。本発明の非可逆回路素子は、極めて高い温度安定性が得られ、従来のものよりも温度特性に優れている。

【0011】また、これにより、フェライト磁石より残留磁束密度が大きい希土類磁石を外部磁石に使用できるため、従来よりも小さい外部磁石で必要な磁界を得られ、外部磁界印加用磁石の小型化も可能となる。さらに、PbZrO3は従来の誘電材料よりも高誘電率であるため、容量部分の小型化をも可能となる。これにより、非可逆回路素子を小型化できる。

【0012】

【発明の実施の形態】本発明の非可逆回路素子は、磁気回転子が $(YxR1-x)_3(FeYM1-Y)_{5+Z}O_{12}$ で表される酸化物磁性材料であり、外部磁石が残留磁束密度の温度係数が $-0.15\%/^{\circ}\text{C}$ 以上 $0\%/^{\circ}\text{C}$ 未満の磁石であり、容量部がPbAZrBO3で表される酸化物(以下、PZ)を主組成とする。

【0013】ただし、 $(YxR1-x)_3(FeYM1-Y)_{5+Z}O_{12}$ と表したとき、

$R=\text{Ca, Bi, Gd, Re(希土類元素)}$

$x=1\sim 0.2$ 、好ましくは $1\sim 0.1$

$M=\text{Al, V, Co, In, Zr, Sn, Ga, Mn, Si, Ge, Ti}$

$y=1\sim 0.6$ 、好ましくは $1\sim 0.3$

$z=-0.005\sim 0.005$

であり、PbAZrBO3と表したとき、

$A/B=0.98\sim 1.1$ 、好ましくは $1\sim 1.05$ である。

【0014】本発明の非可逆回路素子は、従来のものと同様、磁気回転子には、YIG(イットリウム鉄ガーネット)系のもの、具体的には $Y_3Fe_5O_{12}$ を基本組成とし、これに各種元素を添加した置換型ガーネットフェライトを用いる。置換型ガーネットフェライトの組成を式 $(YxR1-x)_3(FeYM1-Y)_{5+Z}O_{12}$

で表わしたとき、Yを置換する元素Rは、Ca、Bi、GdおよびRe(希土類元素)の少なくとも1種である。また、Feを置換する元素Mは、Al、V、Co、In、Zr、Sn、Ga、M

n、Si、Ge、Tiの少なくとも1種である。そして、Xは $1\sim 0.2$ 、好ましくは $1\sim 0.1$ であり、Yは $1\sim 0.6$ 、好ましくは $1\sim 0.3$ である。なお、特性改善のための微量添加剤であるRe(希土類元素)およびCo、Mn、Siの上記式における原子比は、通常、 $0.2$ 以下である。また、(置換元素を含むY):(置換元素を含むFe):Oは、化学量論組成比である $3:5:12$ から偏倚していてもよく、Zは $-0.005\sim 0.005$ である。

【0015】YIGの平均グレイン径は $0.5\sim 10\mu\text{m}$ 、特に $1\sim 4\mu\text{m}$ が好ましい。

【0016】YIGの飽和磁化 $M_s$ は、 $0.025\sim 0.2\text{Wb/m}^2$ 、好ましくは $0.075\sim 0.18\text{Wb/m}^2$ である。そして、その温度特性は $-7\sim -0.1\%/^{\circ}\text{C}$ である。例えば、 $Y_2O_3:Fe_2O_3:Al_2O_3=6:9:1$ のYIGの $M_s$ は $1.2\text{kG}$ で、その温度特性は $-0.2\%/^{\circ}\text{C}$ ある。 $Y_2O_3:Fe_2O_3:V_2O_5:CaCO_3=11:23:2:8$ のYIGの $M_s$ は $1.3\text{kG}$ で、その温度特性は $-0.12\%/^{\circ}\text{C}$ ある。

【0017】磁気回転子の厚みは、通常、 $0.3\sim 1.0\text{mm}$ 程度とする。

【0018】本発明の非可逆回路素子は、このYIGの大きな温度特性を容量部のPZの温度特性でキャンセルし、外部磁石には残留磁束密度の温度係数が $-0.15\%/^{\circ}\text{C}$ 以上 $0\%/^{\circ}\text{C}$ 未満の磁石を用いる。このような構成とすることで、非可逆回路素子の共振周波数の温度特性は $-0.05\sim 0.05\%/^{\circ}\text{C}$ 、好ましくは $-0.02\sim 0.02\%/^{\circ}\text{C}$ とすることができ、従来のものよりも良好な温度安定性が得られる。

【0019】本発明の非可逆回路素子に用いる外部磁石は、残留磁束密度 $B_r$ の温度係数が $-0.15\%/^{\circ}\text{C}$ 以上 $0\%/^{\circ}\text{C}$ 未満、好ましくは $-0.12\%/^{\circ}\text{C}$ 以上 $0\%/^{\circ}\text{C}$ 未満の磁石である。

【0020】外部磁石の $25^{\circ}\text{C}$ での $B_r$ は、 $5\text{kG}$ 以上、特に $8\text{kG}$ 以上が好ましい。従来用いられているフェライト磁石よりも保磁力が大きい磁石を用いることにより、より小さい外部磁石で必要な磁界を得られるので、素子を小型化することができる。

【0021】外部磁石の厚みは $0.7\text{mm}$ 以下、好ましくは $0.5\text{mm}$ 以下とすることができる。

【0022】このような磁石としては希土類磁石があり、SmCo5、Sm2Co17、Nd2Fe14B、Nd2Fe14C、Sm(Fe11Ti)、Sm2Fe17N2.5、Sm2Fe17C2.2、Nd(Fe11Ti)No.8を主組成とするものが好ましく用いられる。また、Nd2Fe14B+Fe3Bという微細複合材料、SmFe7N2+Feという微細複合材料、Nd2Fe14B+Feという微細複合材料も好ましく用いられる。Nd2Fe14B+Fe3Bは、Fe3Bが $20\sim 70\text{vol}\%$ であることが好ましい。SmFe7N2+Feは、Feが $10\sim 50\text{vol}\%$ であることが好ましい。Nd2Fe14B+Feは、Feが $20\sim 70\text{vol}\%$ であることが好ましい。外部磁石としては、Sm2Co17

系、Nd<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>B系が特に好ましい。なお、これらは化学量論組成から多少偏倚していてもよい。

【0023】上記の磁石の残留磁束密度とその温度係数を表1に示す。また、Nd<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>B磁石とフェライト磁石の残留磁束密度の温度変化を図2に示す。上記の磁石は、フェライト磁石よりもB<sub>r</sub>が大きく、その温度係数は0に近い。

【0024】

【表1】

材料	残留磁束密度 (kG)	残留磁束密度の 温度係数(%/°C)
SmCo <sub>5</sub>	9.0	-0.045
Sm <sub>2</sub> Co <sub>17</sub>	11.3	-0.03
Nd <sub>2</sub> Fe <sub>14</sub> B	13.3	-0.12
Sm <sub>2</sub> Fe <sub>7</sub> N <sub>1.5</sub>		-0.10~-0.12
Nd <sub>2</sub> Fe <sub>14</sub> B+Fe <sub>3</sub> B		-0.05~-0.09
SmFe <sub>7</sub> N <sub>2</sub> +Fe		-0.07~-0.10
Nd <sub>2</sub> Fe <sub>14</sub> B+Fe		-0.05~-0.09
フェライト SrO <sub>6</sub> Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.2	-0.18

【0025】本発明の非可逆回路素子の容量部には、PZを用いる。PZをPbAZrB<sub>3</sub>O<sub>12</sub>と表したとき、A/Bは0.98~1.1、好ましくは1~1.05である。A/Bがこれより大きいと、焼結不良が発生し、良好な容量基板が得られない。これより小さいと、Q値が低下し、容量基板としての損失が増大する。酸素量は化学量論組成から偏倚していてもよい。なお、Bは0.9~1.1である。

【0026】PbZrO<sub>3</sub>の比誘電率の温度係数は2160ppm/°Cで、従来用いられているガラスセラミックス（-12ppm/°C）やBaNd<sub>2</sub>Ti<sub>5</sub>O<sub>14</sub>（-110ppm/°C）等よりも大きいので、YIGの温度特性を整合して素子全体としての温度係数を0に近くすることができる。これによって、外部磁石に上記のものの使用が可能になり、素子の小型化が図れる。容量部の比誘電率の温度係数は1400~2400ppm/°C、特に1600~2200ppm/°Cであることが好ましい。

【0027】しかも、PbZrO<sub>3</sub>の比誘電率は約140で、従来用いられているガラスセラミックス（比誘電率10.7）やBaNd<sub>2</sub>Ti<sub>5</sub>O<sub>14</sub>（比誘電率90）等よりも大きいので、容量部分を小型化することができ、さらに素子の小型化が可能である。容量部の比誘電率は100以上、特に120以上であることが好ましい。

【0028】容量部の厚みは、通常、0.25~0.6mm、好ましくは0.3~0.5mmである。また、その大きさは、通常、縦7mm以下、好ましくは5mm以下、横7mm、好ましくは5mm以下である。

【0029】容量部のPZの高周波特性はQ値が高いほ

ど好ましく、このため、酸化セリウム、酸化テルビウム、酸化ジスプロシウム、酸化ガドリニウム、酸化テルル等を添加して高周波特性を改善することが好ましい。添加量は、PZに対して10mol%以下、特に5mol%以下が好ましい。これを超えると、誘電率が小さくなる。これらは1種を用いても、2種以上を併用してもかまわない。

【0030】また、PZは機械的強度が低いため、機械的強度向上のためガラス、B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>等の焼結助剤を添加してもよい。ガラスとしては、ホウケイ酸ガラス、鉛ガラス、亜鉛ケイ酸ガラス、亜鉛ホウケイ酸ガラス等が挙げられる。その添加量は2wt%以下、特に1wt%以下が好ましい。これを超えると、誘電率が小さくなる。

【0031】PZの平均グレイン径は1~20μm、特に2~10μmが好ましい。平均グレイン径がこれより大きいと、強度が低くなる傾向がある。これより小さいと、グリーンシートを形成しにくくなる。

【0032】次に、容量基板の製造方法を説明する。

【0033】酸化鉛、酸化ジルコニウム等の酸化物を原料に用い、これらの粉末を秤量し、ボールミル等を用いて10~24時間粉碎する。原料には、焼成により酸化物に変わりうる化合物、例えば、炭酸塩、水酸化物、シュウ酸塩、硝酸塩等を用いてもかまわない。原料の平均粒径は0.5~10μm程度が好ましい。

【0034】そして、900~1100°Cで1~2時間仮焼する。

【0035】この仮焼粉末に、好ましくはPVA（ポリビニルアルコール）水溶液等を1~10wt%添加し、造粒する。加える水溶液の濃度は5~12wt%が好ましい。

【0036】この顆粒を1t/cm<sup>2</sup>程度でプレスし、こう鉢に入れ鉛の蒸散を抑制しつつ、1200~1350°Cで1~3時間焼成する。

【0037】この焼成体を機械研磨等で所定の厚みにまで研磨し、好ましくは銀ペーストで外部電極を印刷・焼き付けして、容量基板が得られる。あるいは、厚膜法で銀ペーストと同時焼成してもよい。

【0038】次に、本発明の磁気回転子の製造方法を説明する。

【0039】磁気回転子には(YxR<sub>1-x</sub>)<sub>3</sub>(Fe<sub>2</sub>M<sub>1-y</sub>)<sub>5+z</sub>O<sub>12</sub>の酸化物磁性材料を用いる。

【0040】磁気回転子は、酸化イットリウム、酸化鉄等の金属酸化物を原料に用い、これらの粉末を秤量し、混合する。原料には、焼成により酸化物に変わりうる化合物、例えば、炭酸塩、水酸化物、シュウ酸塩、硝酸塩等を用いてもかまわない。原料の平均粒径は0.5~10μm程度が好ましい。

【0041】そして、この混合粉末を1100~1300°Cで1~3時間仮焼する。

【0042】この仮焼粉末をボールミル等で粉碎し、好ましくは平均粒径1~10μm程度とする。

【0043】次に、この仮焼粉末にビヒクルを加え、磁性体スラリーを作製する。

【0044】ビヒクルとしては、アクリル系有機バインダー、エチルセルロース、ポリビニルブチラール、メタクリル樹脂、ブチルメタアクリレート等のバインダー、イソプロピルアルコール、トルエン、メチルエチルケトン、テルピネオール、ブチルカルビトール、ブチルカルビトールアセテート、アセテート、アルコール、キシレン等の溶剤、その他各種分散剤、活性剤、可塑剤等が挙げられ、これらのうち任意のものが目的に応じて適宜選択される。ビヒクルの添加量は、酸化物に対し、30～45wt%程度とすることが好ましい。

【0045】また、磁性体スラリー中に、銀を添加してもよい。磁性体中の銀の含有量は、10wt%以下、特に5wt%以下、更に3wt%以下、更に特に1wt%以下であることが好ましい。銀の添加は粒状で行うことが好ましい。なお、焼成後、銀は、通常粒界に存在する。

【0046】この磁性体スラリーをドクターブレード法により、グリーンシートに成形する。

【0047】次に、導電ペーストについて説明する。

【0048】導電材料は銀を主成分とするものであり、銀単体のほか、銀に、銅、金、パラジウム、白金等の銀に固溶する金属を混合したものでもよい。いずれの金属を加える場合も導電材料中の銀の含有量は70モル%以上とする。その理由は、混合物量が30モル%を越えると、合金の抵抗率が銀の抵抗率に比べて増加するからである。さらに好ましくは、製造コストの増加を抑えるため、混合量は5モル%以下（銀の含有量が95モル%以上）とすることが好ましい。

【0049】金属酸化物としてはGa酸化物（Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>）、La酸化物（La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>）、Pr酸化物（Pr<sub>6</sub>O<sub>11</sub>）、Sm酸化物（Sm<sub>2</sub>O<sub>3</sub>）、Eu酸化物（Eu<sub>2</sub>O<sub>3</sub>）、Gd酸化物（Gd<sub>2</sub>O<sub>3</sub>）、Dy酸化物（Dy<sub>2</sub>O<sub>3</sub>）、Er酸化物（Er<sub>2</sub>O<sub>3</sub>）、Tm酸化物（Tm<sub>2</sub>O<sub>3</sub>）およびYb酸化物（Yb<sub>2</sub>O<sub>3</sub>）のいずれか一種以上が選択される。その理由は、これら金属酸化物はセラミック素体と反応し素体中に拡散するからである。このとき、金属酸化物の導電材料100重量部に対する含有量が0.1重量部未満であると界面に十分な反応相が生成されず、銀の濡れ性が悪くなる。また20重量部を越えると金属酸化物が拡散しきれなくなり、内部導体に金属酸化物が残留し、導体抵抗が大きくなる。このため、金属酸化物の含有量は導電材料100重量部に対して0.1～20重量部であることが好ましい。導電材料の粒径は特に限定されないが、導体をスクリーン印刷法で形成する場合は、平均粒径を0.1～20μmとすることが好ましい。また、金属酸化物の平均粒径も、同様な理由で0.1～20μmとすることが好ましい。

【0050】ビヒクルとしてはエチルセルロース、ニトロセルロース、アクリル系樹脂等のバインダー、テルピ

ネオール、ブチルカルビトール、ヘキシルカルビトール等の有機溶剤、その他分散剤や活性剤等が必要に応じて適宜添加される。なお、この導体ペーストのビヒクル含有率は、5～70重量%とすることが好ましい。また、導体ペーストの粘度は、300～30000cps（センチポイズ）程度に調整しておくのがよい。

【0051】本発明の磁気回転子は、磁性体のグリーンシートに導体ペーストを印刷法等により形成し、得られる。また、例えば、カーボンペースト等で中心導体パターンを形成し、積層して熱圧着して、電極パターンの形状に穴の開いた磁気回転子を得、導体ペーストを好ましくは静水圧プレスにて圧入して得られる。

【0052】本発明の非可逆回路素子のうち、具体的にサーキュレータを挙げて説明する。本発明が適用される好ましいサーキュレータは、US 08/219,917(USP 5,450,045)に例示されているものである。このサーキュレータは、磁気回転子を有する。磁気回転子は、内部導体を有し、この内部導体と密接状態でこの内部導体を取り囲むように一体的に焼成された絶縁性の磁性体を有し、さらに、内部導体の一端に電気的に接続された複数の端子電極と、印加される高周波に共振させるために端子電極にそれぞれ結合された複数の前記の容量基板と、磁気回転子に直流磁界を印加するための励磁用永久磁石とを有する。この構成のサーキュレータでは、磁性体内に不連続部が存在しないため磁気回転子内において高周波磁束が連続する閉ループとなるので、反磁界が発生しない。このため、小型化、広帯域化、低損失化を図ることができ、低価格化も可能である。

【0053】図3は、上記サーキュレータの一例である3端子サーキュレータの磁気回転子の構成を概略的に示す一部破断斜視図であり、図4はこのサーキュレータ全体の構成を示す分解斜視図、図5はこのサーキュレータの等価回路図、図6はこのサーキュレータの磁気回転子の製造工程の一部を説明する図である。

【0054】図示されるように、このサーキュレータは3端子型であるため、磁気回転子20は平面形状が正六角形となるように形成されている。しかし、均等な回転磁界が発生できる構造であれば、平面形状は必ずしも正六角形でなくてもよく、正六角形以外の六角形や、その他の多角形であってもよい。磁気回転子の平面形状をこのように多角形とすることにより、その側面に共振用キャパシタ等の回路素子を外付けにした場合に、空いているスペースを有効に利用することができ、全体の寸法を小型に保つことが可能となる。

【0055】図3において、10は一体的に焼成された磁性体層を示しており、この磁性体層10に取り囲まれて所定パターンの内部導体（中心導体）11が形成されている。内部導体11は、この構成例では2層に積層された構成となっており、2本1組で3つの放射方向（六角形の少なくとも1つの辺に垂直な放射方向）にそれぞれ

れ伸長するストリップ状のコイルパターンが各層に設けられている。両層上の同一方向に伸長するストリップ状のコイルパターンは、ビアホール導体を介して互いに電氣的に接続されている。これは、磁性体層を絶縁物としても利用しているものである。各コイルパターンの一端は、磁性体層10の1つおきの側面に設けられている端子電極12に電氣的に接続されている。磁性体層10の上面および下面ならびに磁性体層10の端子電極12の設けられていない各側面には、接地導体（グランド電極）13が設けられている。各コイルパターンの他端は、各側面の接地導体13に電氣的に接続されている。

【0056】サーキュレータ全体としては、図4に示すように、磁気回転子20の3つの端子電極（12）に、共振用キャパシタ21a、21b、21cが電氣的に接続されている。これらのキャパシタとしては、高周波キャパシタ、例えば本出願人が既に提案し公開されている特開平5-251262号公報に記載されているような自己共振周波数の高い貫通型の高周波キャパシタなどを使用することが好ましい。この高周波キャパシタは、接地導体、誘電体、内部導体、誘電体の順序で重ねてなる1単位の多層体を少なくとも1単位重ねた上に、さらに接地導体、誘電体をこの順序で重ねた多層トリプレート・ストリップ線路構造からなっている。このような貫通型の動作周波数範囲の広いキャパシタを用いることにより、Q値の低下を防止することができる。なお、端子電極とキャパシタとの接続態様は、図5の等価回路図に示す通りである。

【0057】磁気回転子20の上下には、この磁気回転子20に直流磁界14（図3参照）を印加するための励磁用永久磁石22および23（図4参照）がそれぞれ取り付けられている。

【0058】次に、このような構成のサーキュレータの製造工程について説明する。

【0059】図6Aに示すように、同一の絶縁性磁性体材料による上部シート40、中間シート41および下部シート42を用意する。通常、上部シート40および下部シート42の厚さは0.3～1mm程度であり、厚さ100～200 $\mu$ m程度（好ましくは160 $\mu$ m）のシートを複数枚積層して用いる。中間シート41の厚さは30～200 $\mu$ m程度であり、好ましくは約160 $\mu$ mである。

【0060】中間シート41の所定位置には、このシートを貫通するビアホール43a、43bおよび43cが形成される。各ビアホール位置には、その直径よりやや大きいビアホール導体が印刷または転写によって形成される。ビアホール導体としては、内部導体に用いる導電材料と同じものを用いてもよいが、それによりも融点の高い材料を用いてもよい。

【0061】中間シート41および下部シート42の上面には、各組が同一放射方向（六角形の少なくとも1つ

の辺に垂直な放射方向）にビアホール部分を避けて伸長する2本のストリップ状パターンからなる3組のコイルパターンによる上部内部導体44a、44bおよび44cならびに下部内部導体45a、45bおよび45cが、内部導体ペーストの印刷または転写によってそれぞれ形成される。このように形成した上部シート40、中間シート41および下部シート42を順次重ね合わせた後、加温加圧工程でスタックする。これにより、中間シート41の表裏両面に3回対称のコイルパターンが配置されることになり、その対称性から、3端子サーキュレータの端子間の伝播特性が互いに一致させられる。

【0062】このようにして図6Bに示すようにスタックされた上部シート40、中間シート41および下部シート42を、前記導電材料の融点以上沸点未満の温度で焼成する。焼成は1回であってもよいし、複数回行ってもよい。複数回の場合は少なくとも1回は融点以上の焼成とする。この焼成によって、上部シート40、中間シート41および下部シート42を構成する磁性体が連続状態となり一体となる。

【0063】なお、図6Aおよび図6Bでは、上部シート40、中間シート41および下部シート42を既に正六角形状のものとして説明しているが、本発明では導電材料の融点以上の温度で焼成するため、溶融によって導電材料が流出しないように、焼成後に切断する。

【0064】以上の焼成工程によって、上部内部導体44a、44b、44cの一端と下部内部導体45a、45b、45cの一端とがビアホール43a、43b、43c内のビアホール導体を介して電氣的にそれぞれ接続されることになる。

【0065】焼成および切断の後、各磁気回転子は、バレル研磨されて側面に現れる内部導体が露出させられ、かつ焼結体のコーナーの面取りが行われる。その後、図6Cに示すように、磁気回転子の1つおきの側面に端子電極46を、その上面および下面ならびに磁気回転子の端子電極46を設けない各側面に接地導体47を焼き付けて形成する。これにより、上部内部導体44a、44b、44cの磁気回転子側面に露出している他端が各端子電極（46）に電氣的に接続されることとなり、下部内部導体45a、45b、45cの磁気回転子側面に露出している他端が各側面の接地導体（47）に電氣的に接続されることとなる。そして、この磁気回転子の各端子電極（46）に、図4に示すように共振用キャパシタ21a、21b、21cを組み付けて、リフロー法等によりはんだ付けする。その後、直流磁界を印加するための励磁用永久磁石と磁気ヨークを兼用する金属ハウジングとを組み付けて、サーキュレータが完成する。

【0066】上記構成例は、3端子型のサーキュレータに関するものであるが、本発明はそれ以上の数の端子を有するサーキュレータについても適用可能である。さらに、上述した集中定数型サーキュレータ以外にも、磁気

回転子と容量回路とが一体化され端子回路に動作周波数範囲を広げるためのインピーダンス変換器が組み込まれているような分布定数型サーキュレータにも適用可能である。また、このようなサーキュレータを発展させることにより、アイソレータ等の非可逆回路素子も容易に作製できる。

#### 【0067】

【実施例】以下、本発明の具体的実施例について説明する。

#### 【0068】<実施例1>

##### 1. PbZrO<sub>3</sub>容量基板の作製

平均粒径8.57 $\mu$ mの酸化鉛(PbO)と平均粒径1.94 $\mu$ mの酸化ジルコニウム(ZrO<sub>2</sub>)をモル比で1:1の割合で12時間ボールミル粉碎し、1000℃で2時間仮焼した。そして、得られた仮焼粉末(平均粒径2.10 $\mu$ mの)に10wt%PVA(ポリビニルアルコール)水溶液を5wt%添加し造粒した。この顆粒を1t/cm<sup>2</sup>でプレスし、こう鉢に入れ鉛の蒸散を抑制しつつ、1300℃で2時間焼成した。焼成後の粉末の平均粒径は平均粒径3.47 $\mu$ mだった。焼成体は機械研磨で厚み300 $\mu$ mまで研磨し、銀ペーストで外部電極を印刷・焼き付けした。

##### 【0069】2. 磁気回転子(YIG)の作製

平均粒径4.38 $\mu$ mの酸化イットリウム(Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)と平均粒径1.69 $\mu$ mの酸化鉄(Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)と平均粒径1.10 $\mu$ mの酸化アルミニウム(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)をモル比で6:9:1の割合で混合し、1200℃で2時間仮焼した。そして、得られた仮焼粉をボールミルにて粉碎した。仮焼粉末(平均粒径2.16 $\mu$ mの)にアクリル系有機バインダーを24wt%、イソプロピルアルコールとトルエンとメチルエチルケトンとの混合溶剤を13wt%添加し、磁性体スラリーを作製した。得られたスラリーをドクターブレード法にて、グリーンシートに成形した。

##### 【0070】グリーンシートにビアホール用の穴をパン

チングマシンで形成し、その後グリーンシートに厚膜印刷法で中心導体パターンを形成した。このとき、ビアホールのビアホールの充填も同時に行った。印刷ペーストにはカーボンペーストを使用した。グリーンシートを熱圧着し、積層体を得た。その後所定の大きさの形状に切断し、1430℃で焼成した。焼成後のYIGの平均粒径は3.85 $\mu$ mだった。このときカーボンは分解し電極パターンの形状に穴の開いた磁気回転子が得られた。

【0071】これに銀100%からなる導体ペーストを静水圧プレスにて圧入した。そして、これを900℃にて焼き付けることで、内部に銀電極の形成された磁気回転子を得た。

【0072】次に、焼成体の上下面に銀ペーストを焼き付けることによってグランド電極を形成した。さらに、焼成体側面に、各端子電極および、上下のグランド電極をつなぐ電極を、銀ペーストを焼き付けることにより形成した。

【0073】これにより磁性体、中心導体が一体化された磁気回転子を得た。

##### 【0074】3. 組み立て

このようにして得られた磁気回転子(YIG)、PbZrO<sub>3</sub>容量基板、Sm<sub>2</sub>Co<sub>17</sub>を主組成とする外部磁石(厚み0.4mm)、ヨークを図1の配置で組み立てることにより、非可逆回路素子を得た。

【0075】高周波特性はネットワークアナライザで測定し、サンプルを恒温槽中に置いて温度特性を測定した。表2に測定したアイソレータの温度特性を示す。なお、共振周波数の温度係数は、-35℃~25℃の温度係数と25℃~85℃の温度係数とを求め、そのうち悪い方を表2に示した。

##### 【0076】

【表2】

サンプル No.	共振周波数 (MHz)			共振周波数温度係数
	-35℃	25℃	85℃	
実施例1	888	894	888	±0.0112%/℃以内
実施例2	1129	1142	1129	±0.0190%/℃以内
実施例3	1318	1333	1338	±0.0188%/℃以内
比較例1	856	813	778	±0.0882%/℃以内
比較例2	725	741	770	±0.0652%/℃以内
比較例3	1119	1160	1238	±0.1121%/℃以内
比較例4	1168	1202	1253	±0.0707%/℃以内
比較例5	907	866	827	±0.0789%/℃以内

#### 【0077】<実施例2>

##### 1. PbZrO<sub>3</sub>容量基板の作製

平均粒径8.57 $\mu$ mの酸化鉛(PbO)と平均粒径1.94

$\mu$ mの酸化ジルコニウム(ZrO<sub>2</sub>)をモル比で1:1の割合で12時間ボールミル粉碎し、1000℃で2時間仮焼した。そして、得られた仮焼粉末(平均粒径2.10 $\mu$ mの)



に1.0wt%PVA(ポリビニルアルコール)水溶液を5wt%添加し造粒した。この顆粒を1t/cm<sup>2</sup>でプレスし、こう鉢に入れ鉛の蒸散を抑制しつつ、1300℃で2時間焼成した。焼成後の粉末の平均粒径は平均粒径3.47μmだった。焼成体は機械研磨で厚み300μmまで研磨し、銀ペーストで外部電極を印刷・焼き付けした。

#### 【0078】2.磁気回転子(YIG2)の作製

平均粒径4.38μmの酸化イットリウム(Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)と平均粒径1.69μmの酸化鉄(Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)と平均粒径1.75μmの酸化バナジウム(V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)と平均粒径2.04μmの炭酸カルシウム(CaCO<sub>3</sub>)をモル比で1:1:2:3:2:8の割合で混合し、1100℃で2時間仮焼した。そして、得られた仮焼粉をボールミルにて粉碎した。仮焼粉末(平均粒径1.97μm)にアクリル系有機バインダーを2.4wt%、イソプロピルアルコールとトルエンとメチルエチルケトンとの混合溶剤を13wt%添加し、磁性体スラリーを作製した。得られたスラリーをドクターブレード法にて、グリーンシートに成形した。

【0079】グリーンシートにビアホール用の穴をパンチングマシンで形成し、その後グリーンシートに厚膜印刷法で中心導体パターンを形成した。このとき、ビアホールのビアホールの充填も同時に行った。印刷ペーストにはカーボンペーストを使用した。グリーンシートを熱圧着し、積層体を得た。その後所定の大きさの形状に切断し、1300℃で焼成した。焼成後のYIGの平均粒径は8.19μmだった。このときカーボンは分解し電極パターンの形状に穴の開いた磁気回転子が得られた。

【0080】これに銀100%からなる導体ペーストを静水圧プレスにて圧入した。そして、これを900℃にて焼き付けることで、内部に銀電極の形成された磁気回転子を得た。

【0081】次に、焼成体の上下面に銀ペーストを焼き付けることによってグランド電極を形成した。さらに、焼成体側面に、各端子電極および、上下のグランド電極をつなぐ電極を、銀ペーストを焼き付けることにより形成した。

【0082】これにより磁性体、中心導体が一体化された磁気回転子を得た。

#### 【0083】3.組み立て

このようにして得られた磁気回転子(YIG2)、PbZrO<sub>3</sub>容量基板、Sm<sub>2</sub>Co<sub>17</sub>を主組成とする外部磁石(厚み0.4mm)、ヨークを図1の配置で組み立てることにより、非可逆回路素子を得た。

【0084】高周波特性はネットワークアナライザで測定し、サンプルを恒温槽中に置いて温度特性を測定した。表2に測定したアイソレータの温度特性を示す。

#### 【0085】<実施例3>

##### 1. PbZrO<sub>3</sub>容量基板の作製

平均粒径8.57μmの酸化鉛(PbO)と平均粒径1.94μmの酸化ジルコニウム(ZrO<sub>2</sub>)をモル比で1:1の割合で12時間ボールミル粉碎し、1000℃で2時間仮焼した。そして、得られた仮焼粉末(平均粒径2.10μm)に1.0wt%PVA(ポリビニルアルコール)水溶液を5wt%添加し造粒した。この顆粒を1t/cm<sup>2</sup>でプレスし、こう鉢に入れ鉛の蒸散を抑制しつつ、1300℃で2時間焼成した。焼成後の粉末の平均粒径は平均粒径3.47μmだった。焼成体は機械研磨で厚み300μmまで研磨し、銀ペーストで外部電極を印刷・焼き付けした。

#### 【0086】2.磁気回転子(YIG1)の作製

平均粒径4.38μmの酸化イットリウム(Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)と平均粒径1.69μmの酸化鉄(Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)と平均粒径1.10μmの酸化アルミニウム(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)をモル比で6:9:1の割合で混合し、1200℃で2時間仮焼した。そして、得られた仮焼粉をボールミルにて粉碎した。仮焼粉末(平均粒径2.16μm)にアクリル系有機バインダーを2.4wt%、イソプロピルアルコールとトルエンとメチルエチルケトンとの混合溶剤を13wt%添加し、磁性体スラリーを作製した。得られたスラリーをドクターブレード法にて、グリーンシートに成形した。

【0087】グリーンシートにビアホール用の穴をパンチングマシンで形成し、その後グリーンシートに厚膜印刷法で中心導体パターンを形成した。このとき、ビアホールのビアホールの充填も同時に行った。印刷ペーストにはカーボンペーストを使用した。グリーンシートを熱圧着し、積層体を得た。その後所定の大きさの形状に切断し、1430℃で焼成した。焼成後のYIGの平均粒径は3.85μmだった。このときカーボンは分解し電極パターンの形状に穴の開いた磁気回転子が得られた。

【0088】これに銀100%からなる導体ペーストを静水圧プレスにて圧入した。そして、これを900℃にて焼き付けることで、内部に銀電極の形成された磁気回転子を得た。

【0089】次に、焼成体の上下面に銀ペーストを焼き付けることによってグランド電極を形成した。さらに、焼成体側面に、各端子電極および、上下のグランド電極をつなぐ電極を、銀ペーストを焼き付けることにより形成した。

【0090】これにより磁性体、中心導体が一体化された磁気回転子を得た。

#### 【0091】3.組み立て

このようにして得られた磁気回転子(YIG1)、PbZrO<sub>3</sub>容量基板、Nd<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>Bを主組成とする外部磁石(厚み0.4mm)、ヨークを図1の配置で組み立てることにより、非可逆回路素子を得た。

【0092】高周波特性はネットワークアナライザで測定し、サンプルを恒温槽中に置いて温度特性を測定し



た。表2に測定したアイソレータの温度特性を示す。

#### 【0093】＜比較例1＞

##### 1. ガラスセラミックス容量基板の作製

平均粒径1. 90  $\mu\text{m}$ のストロンチウムガラスと平均粒径2. 38  $\mu\text{m}$ の酸化チタン ( $\text{TiO}_2$ ) と平均粒径1. 10  $\mu\text{m}$ の酸化アルミニウム ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) を重量比で14 : 3 : 3の割合で混合した。そして、この混合粉末にアクリル系有機バインダーを24wt%、イソプロピルアルコールとトルエンとメチルエチルケトンとの混合溶剤を13wt%添加し、誘電体スラリーを作製した。得られたスラリーをドクターブレード法にて、グリーンシートに成形した。

【0094】グリーンシートにビアホール用の穴をパンチングマシンで形成し、その後グリーンシートに厚膜印刷法で中心導体パターンを形成した。このとき、ビアホールのビアホールの充填も同時に行った。印刷ペーストには銀ペーストを使用した。グリーンシートを熱圧着し、積層体を得た。その後所定の大きさの形状に切断し、900℃で焼成した。

【0095】次に、焼成体の上下面に銀ペーストを焼き付けることによって外部電極を形成した。

【0096】これにより誘電体、中心導体が一体化された容量基板を得た。

##### 【0097】2. 磁気回転子(YIG)の作製

平均粒径4. 38  $\mu\text{m}$ の酸化イットリウム ( $\text{Y}_2\text{O}_3$ ) と平均粒径1. 69  $\mu\text{m}$ の酸化鉄 ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) と平均粒径1. 10  $\mu\text{m}$ の酸化アルミニウム ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) をモル比で6 : 9 : 1の割合で混合し、1200℃で2時間仮焼した。そして、得られた仮焼粉をボールミルにて粉碎した。仮焼粉末(平均粒径2. 16  $\mu\text{m}$ )にアクリル系有機バインダーを24wt%、イソプロピルアルコールとトルエンとメチルエチルケトンとの混合溶剤を13wt%添加し、磁性体スラリーを作製した。得られたスラリーをドクターブレード法にて、グリーンシートに成形した。

【0098】グリーンシートにビアホール用の穴をパンチングマシンで形成し、その後グリーンシートに厚膜印刷法で中心導体パターンを形成した。このとき、ビアホールのビアホールの充填も同時に行った。印刷ペーストにはカーボンペーストを使用した。グリーンシートを熱圧着し、積層体を得た。その後所定の大きさの形状に切断し、1430℃で焼成した。焼成後のYIGの平均粒径は3. 85  $\mu\text{m}$ だった。このときカーボンは分解し電極パターンの形状に穴の開いた磁気回転子が得られた。

【0099】これに銀100%からなる導体ペーストを静水圧プレスにて圧入した。そして、これを900℃にて焼き付けることで、内部に銀電極の形成された磁気回転子を得た。

【0100】次に、焼成体の上下面に銀ペーストを焼き

付けることによってグラウンド電極を形成した。さらに、焼成体側面に、各端子電極および、上下のグラウンド電極をつなぐ電極を、銀ペーストを焼き付けることにより形成した。

【0101】これにより磁性体、中心導体が一体化された磁気回転子を得た。

##### 【0102】3. 組み立て

このようにして得られた磁気回転子(YIG)、ガラスセラミックス容量基板、 $\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$ を主組成とする外部磁石(厚み0.4mm)、ヨークを図1の配置で組み立てることにより、非可逆回路素子を得た。

【0103】高周波特性はネットワークアナライザで測定し、サンプルを恒温槽中に置いて温度特性を測定した。表2に測定したアイソレータの温度特性を示す。

#### 【0104】＜比較例2＞

##### 1. ガラスセラミックス容量基板の作製

平均粒径1. 90  $\mu\text{m}$ のストロンチウムガラスと平均粒径2. 38  $\mu\text{m}$ の酸化チタン ( $\text{TiO}_2$ ) と平均粒径1. 10  $\mu\text{m}$ の酸化アルミニウム ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) を重量比で14 : 3 : 3の割合で混合した。そして、この混合粉末にアクリル系有機バインダーを24wt%、イソプロピルアルコールとトルエンとメチルエチルケトンとの混合溶剤を13wt%添加し、誘電体スラリーを作製した。得られたスラリーをドクターブレード法にて、グリーンシートに成形した。

【0105】グリーンシートにビアホール用の穴をパンチングマシンで形成し、その後グリーンシートに厚膜印刷法で中心導体パターンを形成した。このとき、ビアホールのビアホールの充填も同時に行った。印刷ペーストには銀ペーストを使用した。グリーンシートを熱圧着し、積層体を得た。その後所定の大きさの形状に切断し、900℃で焼成した。

【0106】次に、焼成体の上下面に銀ペーストを焼き付けることによって外部電極を形成した。

【0107】これにより誘電体、中心導体が一体化された容量基板を得た。

##### 【0108】2. 磁気回転子(YIG)の作製

平均粒径4. 38  $\mu\text{m}$ の酸化イットリウム ( $\text{Y}_2\text{O}_3$ ) と平均粒径1. 69  $\mu\text{m}$ の酸化鉄 ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) と平均粒径1. 10  $\mu\text{m}$ の酸化アルミニウム ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) をモル比で6 : 9 : 1の割合で混合し、1200℃で2時間仮焼した。そして、得られた仮焼粉をボールミルにて粉碎した。仮焼粉末(平均粒径2. 16  $\mu\text{m}$ )にアクリル系有機バインダーを24wt%、イソプロピルアルコールとトルエンとメチルエチルケトンとの混合溶剤を13wt%添加し、磁性体スラリーを作製した。得られたスラリーをドクターブレード法にて、グリーンシートに成形した。

【0109】グリーンシートにビアホール用の穴をパンチングマシンで形成し、その後グリーンシートに厚膜

印刷法で中心導体パターンを形成した。このとき、ビアホールビアホールの充填も同時に行った。印刷ペーストにはカーボンペーストを使用した。グリーンシートを熱圧着し、積層体を得た。その後所定の大きさの形状に切断し、1430℃で焼成した。焼成後のYIGの平均粒径は3.85μmだった。このときカーボンは分解し電極パターンの形状に穴の開いた磁気回転子が得られた。

【0110】これに銀100%からなる導体ペーストを静水圧プレスにて圧入した。そして、これを900℃にて焼き付けることで、内部に銀電極の形成された磁気回転子を得た。

【0111】次に、焼成体の上下面に銀ペーストを焼き付けることによってグランド電極を形成した。さらに、焼成体側面に、各端子電極および、上下のグランド電極をつなぐ電極を、銀ペーストを焼き付けることにより形成した。

【0112】これにより磁性体、中心導体が一体化された磁気回転子を得た。

### 【0113】3. 組み立て

このようにして得られた磁気回転子(YIG1)、ガラスセラミックス容量基板、フェライト製マグネットの外部磁石(厚み0.8mm)、ヨークを図1の配置で組み立てることにより、非可逆回路素子を得た。

【0114】高周波特性はネットワークアナライザで測定し、サンプルを恒温槽中に置いて温度特性を測定した。表2に測定したアイソレータの温度特性を示す。

### 【0115】<比較例3>

#### 1. Ba-Nd-Ti容量基板の作製

平均粒径1.39μmの炭酸バリウム( $\text{BaCO}_3$ )と平均粒径3.04μmの酸化ネオジウム( $\text{Nd}_2\text{O}_3$ )と平均粒径2.38μmの酸化チタン( $\text{TiO}_2$ )とをモル比で1:1:5の割合で12時間ボールミル粉碎し、1200℃で2時間仮焼した。そして、得られた仮焼粉末(平均粒径2.80μmの)に10wt%PVA(ポリビニルアルコール)水溶液を5wt%添加し造粒した。この顆粒を1t/cm<sup>2</sup>でプレスし、1320℃で2時間焼成した。焼成後の粉末の平均粒径は平均粒径3.50μmだった。焼成体は機械研磨で厚み300μmまで研磨し、銀ペーストで外部電極を印刷・焼き付けた。

#### 【0116】2. 磁気回転子(YIG2)の作製

平均粒径4.38μmの酸化イットリウム( $\text{Y}_2\text{O}_3$ )と平均粒径1.69μmの酸化鉄( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )と平均粒径1.75μmの酸化バナジウム( $\text{V}_2\text{O}_5$ )と平均粒径2.04μmの炭酸カルシウム( $\text{CaCO}_3$ )をモル比で1:1:2:3:2:8の割合で混合し、1100℃で2時間仮焼した。そして、得られた仮焼粉をボールミルにて粉碎した。仮焼粉末(平均粒径1.97μmの)にアクリル系有機バインダーを24wt%、イソプロピルアルコールとトルエンとメチルエチルケトンとの混合溶剤を13

wt%添加し、磁性体スラリーを作製した。得られたスラリーをドクターブレード法にて、グリーンシートに成形した。

【0117】グリーンシートにビアホール用の穴をパンチングマシンで形成し、その後グリーンシートに厚膜印刷法で中心導体パターンを形成した。このとき、ビアホールのビアホールの充填も同時に行った。印刷ペーストにはカーボンペーストを使用した。グリーンシートを熱圧着し、積層体を得た。その後所定の大きさの形状に切断し、1300℃で焼成した。焼成後のYIGの平均粒径は8.19μmだった。このときカーボンは分解し電極パターンの形状に穴の開いた磁気回転子が得られた。

【0118】これに銀100%からなる導体ペーストを静水圧プレスにて圧入した。そして、これを900℃にて焼き付けることで、内部に銀電極の形成された磁気回転子を得た。

【0119】次に、焼成体の上下面に銀ペーストを焼き付けることによってグランド電極を形成した。さらに、焼成体側面に、各端子電極および、上下のグランド電極をつなぐ電極を、銀ペーストを焼き付けることにより形成した。

【0120】これにより磁性体、中心導体が一体化された磁気回転子を得た。

### 【0121】3. 組み立て

このようにして得られた磁気回転子(YIG2)、Ba-Nd-Ti容量基板、 $\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$ を主組成とする外部磁石(厚み0.4mm)、ヨークを図1の配置で組み立てることにより、非可逆回路素子を得た。

【0122】高周波特性はネットワークアナライザで測定し、サンプルを恒温槽中に置いて温度特性を測定した。表2に測定したアイソレータの温度特性を示す。

### 【0123】<比較例4>

#### 1. Ba-Nd-Ti容量基板の作製

平均粒径1.39μmの炭酸バリウム( $\text{BaCO}_3$ )と平均粒径3.04μmの酸化ネオジウム( $\text{Nd}_2\text{O}_3$ )と平均粒径2.38μmの酸化チタン( $\text{TiO}_2$ )とをモル比で1:1:5の割合で12時間ボールミル粉碎し、1200℃で2時間仮焼した。そして、得られた仮焼粉末(平均粒径2.80μmの)に10wt%PVA(ポリビニルアルコール)水溶液を5wt%添加し造粒した。この顆粒を1t/cm<sup>2</sup>でプレスし、1320℃で2時間焼成した。焼成後の粉末の平均粒径は平均粒径3.50μmだった。焼成体は機械研磨で厚み300μmまで研磨し、銀ペーストで外部電極を印刷・焼き付けた。

#### 【0124】2. 磁気回転子(YIG1)の作製

平均粒径4.38μmの酸化イットリウム( $\text{Y}_2\text{O}_3$ )と平均粒径1.69μmの酸化鉄( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )と平均粒径1.10μmの酸化アルミニウム( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )をモル比で6:9:1の割合で混合し、1200℃で2時間仮焼し

た。そして、得られた仮焼粉をボールミルにて粉碎した。仮焼粉末（平均粒径  $2.16 \mu\text{m}$ ）にアクリル系有機バインダーを  $24 \text{ wt}\%$ 、イソプロピルアルコールとトルエンとメチルエチルケトンとの混合溶剤を  $13 \text{ wt}\%$  添加し、磁性体スラリーを作製した。得られたスラリーをドクターブレード法にて、グリーンシートに成形した。

【0125】グリーンシートにピアホール用の穴をパンチングマシンで形成し、その後グリーンシートに厚膜印刷法で中心導体パターンを形成した。このとき、ピアホールのピアホールの充填も同時に行った。印刷ペーストにはカーボンペーストを使用した。グリーンシートを熱圧着し、積層体を得た。その後所定の大きさの形状に切断し、 $1430^\circ\text{C}$  で焼成した。焼成後の YIG の平均粒径は  $3.85 \mu\text{m}$  だった。このときカーボンは分解し電極パターンの形状に穴の開いた磁気回転子が得られた。

【0126】これに銀100%からなる導体ペーストを静水圧プレスにて圧入した。そして、これを  $900^\circ\text{C}$  にて焼き付けることで、内部に銀電極の形成された磁気回転子を得た。

【0127】次に、焼成体の上下面に銀ペーストを焼き付けることによってグラウンド電極を形成した。さらに、焼成体側面に、各端子電極および、上下のグラウンド電極をつなぐ電極を、銀ペーストを焼き付けることにより形成した。

【0128】これにより磁性体、中心導体が一体化された磁気回転子を得た。

#### 【0129】3. 組み立て

このようにして得られた磁気回転子 (YIG1)、Ba-Nd-Ti 容量基板、 $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$  を主組成とする外部磁石（厚み  $0.4 \text{ mm}$ ）、ヨークを図1の配置で組み立てることにより、非可逆回路素子を得た。

【0130】高周波特性はネットワークアナライザで測定し、サンプルを恒温槽中に置いて温度特性を測定した。表2に測定したアイソレータの温度特性を示す。

#### 【0131】<比較例5>

##### 1. ガラスセラミックス容量基板の作製

平均粒径  $1.90 \mu\text{m}$  のストロンチウムガラスと平均粒径  $2.38 \mu\text{m}$  の酸化チタン ( $\text{TiO}_2$ ) と平均粒径  $1.10 \mu\text{m}$  の酸化アルミニウム ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) を重量比で  $14:3:3$  の割合で混合した。そして、この混合粉末にアクリル系有機バインダーを  $24 \text{ wt}\%$ 、イソプロピルアルコールとトルエンとメチルエチルケトンとの混合溶剤を  $13 \text{ wt}\%$  添加し、誘電体スラリーを作製した。得られたスラリーをドクターブレード法にて、グリーンシートに成形した。

【0132】グリーンシートにピアホール用の穴をパンチングマシンで形成し、その後グリーンシートに厚膜印刷法で中心導体パターンを形成した。このとき、ピア

ホールのピアホールの充填も同時に行った。印刷ペーストには銀ペーストを使用した。グリーンシートを熱圧着し、積層体を得た。その後所定の大きさの形状に切断し、 $900^\circ\text{C}$  で焼成した。

【0133】次に、焼成体の上下面に銀ペーストを焼き付けることによって外部電極を形成した。

【0134】これにより誘電体、中心導体が一体化された容量基板を得た。

##### 【0135】2. 磁気回転子 (YIG2) の作製

平均粒径  $4.38 \mu\text{m}$  の酸化イットリウム ( $\text{Y}_2\text{O}_3$ ) と平均粒径  $1.69 \mu\text{m}$  の酸化鉄 ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) と平均粒径  $1.75 \mu\text{m}$  の酸化バナジウム ( $\text{V}_2\text{O}_5$ ) と平均粒径  $2.04 \mu\text{m}$  の炭酸カルシウム ( $\text{CaCO}_3$ ) をモル比で  $11:23:2:8$  の割合で混合し、 $1100^\circ\text{C}$  で2時間仮焼した。そして、得られた仮焼粉をボールミルにて粉碎した。仮焼粉末（平均粒径  $1.97 \mu\text{m}$ ）にアクリル系有機バインダーを  $24 \text{ wt}\%$ 、イソプロピルアルコールとトルエンとメチルエチルケトンとの混合溶剤を  $13 \text{ wt}\%$  添加し、磁性体スラリーを作製した。得られたスラリーをドクターブレード法にて、グリーンシートに成形した。

【0136】グリーンシートにピアホール用の穴をパンチングマシンで形成し、その後グリーンシートに厚膜印刷法で中心導体パターンを形成した。このとき、ピアホールのピアホールの充填も同時に行った。印刷ペーストにはカーボンペーストを使用した。グリーンシートを熱圧着し、積層体を得た。その後所定の大きさの形状に切断し、 $1300^\circ\text{C}$  で焼成した。焼成後の YIG の平均粒径は  $8.19 \mu\text{m}$  だった。このときカーボンは分解し電極パターンの形状に穴の開いた磁気回転子が得られた。

【0137】これに銀100%からなる導体ペーストを静水圧プレスにて圧入した。そして、これを  $900^\circ\text{C}$  にて焼き付けることで、内部に銀電極の形成された磁気回転子を得た。

【0138】次に、焼成体の上下面に銀ペーストを焼き付けることによってグラウンド電極を形成した。さらに、焼成体側面に、各端子電極および、上下のグラウンド電極をつなぐ電極を、銀ペーストを焼き付けることにより形成した。

【0139】これにより磁性体、中心導体が一体化された磁気回転子を得た。

#### 【0140】3. 組み立て

このようにして得られた磁気回転子 (YIG2)、ガラスセラミックス容量基板、 $\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$  を主組成とする外部磁石（厚み  $0.4 \text{ mm}$ ）、ヨークを図1の配置で組み立てることにより、非可逆回路素子を得た。

【0141】高周波特性はネットワークアナライザで測定し、サンプルを恒温槽中に置いて温度特性を測定した。表2に測定したアイソレータの温度特性を示す。

【0142】本発明の非可逆回路素子は、 $\text{PbZrO}_3$ 容量基板の比誘電率の温度係数と、希土類磁石を主組成とする外部磁石の残留磁束密度の温度係数と、磁気回転子のYIGの飽和磁化の温度係数とがキャンセルするために、外界の温度変化に対して共振周波数の特性が極めて安定している。

【0143】また、希土類磁石は、従来使用されてきたフェライト磁石より小型でも十分な外部磁界を与えることができるため、素子全体を非常に薄くすることが可能であった。ここでは、希土類磁石は厚み0.4mmのものをを用いたが、フェライト磁石では必要な磁界を得るのに0.8mmの厚みが必要であった。

【0144】さらに、 $\text{PbZrO}_3$ 容量基板も、従来のものよりも誘電率が高いので、小さくすることが可能であった。 $\text{PbZrO}_3$ 容量基板は、縦4.8mm×横4.5mmのものをを用いたが、他のものでは、同じ容量を得るためには、縦6mm×横5.6mmが必要であった。

【0145】比較例1、3、4、5の非可逆回路素子は、容量基板の温度係数と外部磁石の温度係数とYIGの温度係数とがキャンセルしないために、外界の温度変化に対して特性が大きく変化した。さらに、誘電体材料の誘電率が $\text{PbZrO}_3$ と比較して小さいため、水平方向の外形も大きくなった。

【0146】比較例2の非可逆回路素子は、容量基板の温度係数とフェライト磁石の温度係数とYIGの温度係数とがキャンセルするために、外界の温度変化に対して特性は比較的安定している。しかし、それでも本発明の素子よりは悪い値である。

【0147】また、フェライト磁石で必要な外部磁界を得るためには磁石の厚みを0.8mm以上にしなければならず、非可逆回路素子の外形が高さ方向に2倍以上にも大きくなった。

【0148】さらに、誘電体材料の誘電率が $\text{PbZrO}_3$ と比較して小さいため、水平方向の外形も大きくなった。

【0149】

【発明の効果】以上のように、本発明によれば、小型化

可能で温度特性に優れた非可逆回路素子を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】非可逆回路素子（3端子サーキュレータ）の全体構成を示す分解斜視図である。

【図2】 $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ 磁石とフェライト磁石の残留磁束密度の温度変化を示すグラフである。

【図3】3端子サーキュレータの磁気回転子の構成を概略的に示す一部破断斜視図である。

【図4】3端子サーキュレータ全体の構成を示す分解斜視図である。

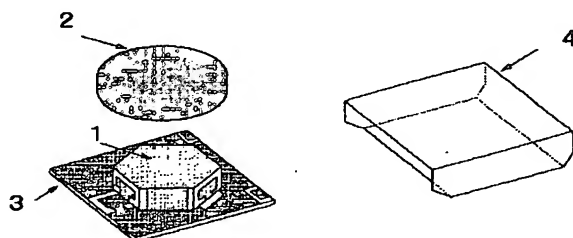
【図5】3端子サーキュレータの等価回路図である。

【図6】3端子サーキュレータの磁気回転子の製造工程の一部を説明する図である。

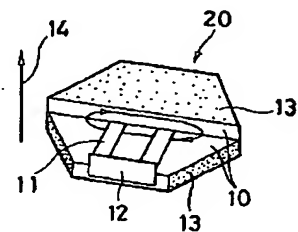
【符号の説明】

- 1 非可逆性磁気回転子
- 2 外部磁界印加用磁石
- 3 コンデンサ
- 4 ヨーク
- 10 磁性体層
- 11 内部導体（中心導体）
- 12 端子電極
- 13 接地導体（グランド電極）
- 14 直流磁界
- 20 磁気回転子
- 21 共振用キャパシタ
- 22 励磁用永久磁石
- 23 励磁用永久磁石
- 40 上部シート
- 41 中間シート
- 42 下部シート
- 43 ヴィアホール
- 44 上部内部導体
- 45 下部内部導体
- 46 端子電極
- 47 接地導体

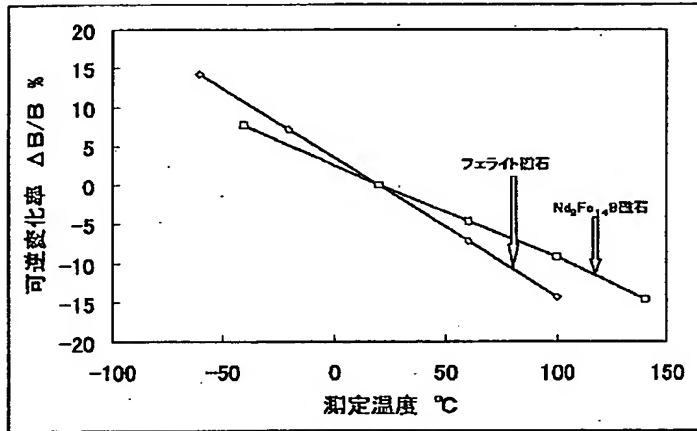
【図1】



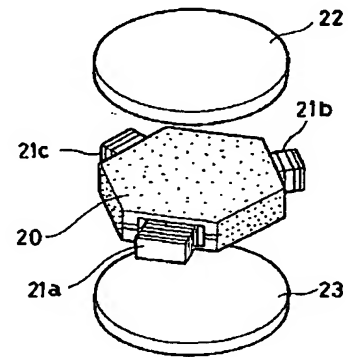
【図3】



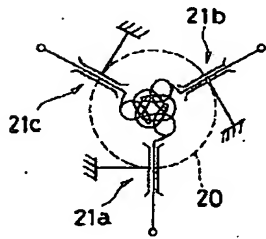
【図2】



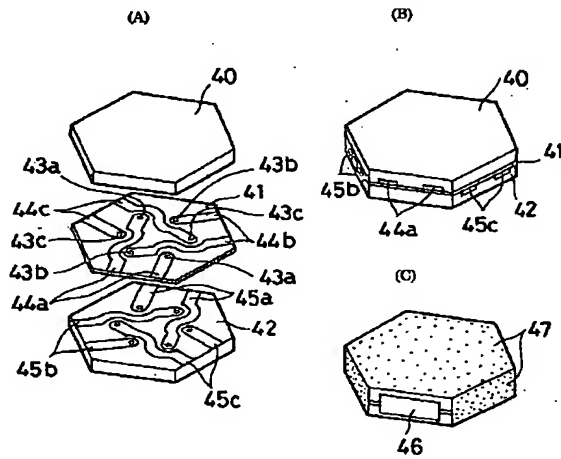
【図4】



【図5】



【図6】



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-283821

(43)Date of publication of application : 15.10.1999

(51)Int.Cl.

H01F 1/34  
H01P 1/36  
H01P 1/383

(21)Application number : 10-102170

(71)Applicant : TDK CORP

(22)Date of filing : 30.03.1998

(72)Inventor : SUZUKI KAZUAKI  
OHATA SHUSUKE  
KURAHASHI TAKAHIDE

## (54) NONREVERSIBLE CIRCUIT ELEMENT

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a nonreversible circuit element, which can be miniaturized and is superior in temperature characteristic.

SOLUTION: A nonreversible circuit element contains an oxide magnetic material with  $X=1$  to  $0.2$ ,  $Y=1$  to  $0.6$  and  $Z=-0.005$  to  $0.005$  at the of expressing a magnetic rotator to be  $(YXR1-X)3(FeYM1-Y)5+ZO12$  (where R represents Ca, Bi, Gd and at least one kind of rare earth elements and M represents at least one or more kind from among Al, V, Co, In, Zr, Sn, Ga, Mn, Si, Ge and Ti). At the expressing of an external magnet to be a magnet, whose temperature coefficient of residual magnetic flux density of  $-0.15\%/^{\circ}\text{C}$  to  $0\%/^{\circ}\text{C}$  and expressing a capacitive part to be  $PbAZrBO3$ , oxide being  $A/B=0.98$  to  $1.1$  is set to be a main composition.

## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**


---

[Claim(s)]

[Claim 1] A magnetic rotation child  $3(YXR1-X)(FeYM1-Y)5+ZO12$  (However, R expresses one or more sorts of calcium, Bi, Gd, and rare earth elements, and M expresses one or more sorts of aluminum, V, Co, In, Zr, Sn, Ga, Mn, Si, germanium, and Ti.) When expressed, the oxide magnetic material which is  $X=1-0.2Y=1-0.6Z=-0.005-0.005$  is included. The non-reciprocal circuit element which an external magnet is [ the temperature coefficient of a residual magnetic flux density ] less than 0%/degree C of magnets -0.15% [/degree C ] or more, and considers the oxide which is  $A/B=0.98-1.1$  as the main composition when a part by volume expresses  $PbAZrBO3$ .

[Claim 2] The non-reciprocal circuit element of the claim 1 whose 25-degree C residual magnetic flux density of the aforementioned external magnet is 5 or more kGs.

[Claim 3] The aforementioned external magnet SmCo5 system, Sm2Co17 system, a Nd2Fe14B system, A Nd2Fe14C system, Sm (Fe11Ti) system, Sm2Fe17N2.5 system, 17CSm2Fe2.2 system, Nd(Fe11Ti) N0.8 system, the detailed composite material of Nd2Fe14B and Fe3B, The non-reciprocal circuit element of the claims 1 or 2 which are the rare earth permanent magnets which consider either detailed composite material of SmFe7N2 and Fe, or detailed composite material of Nd2Fe14B and Fe as the main composition.

[Claim 4] One non-reciprocal circuit element of the claims 1-3 which are the rare earth permanent magnets to which the aforementioned external magnet considers Sm2Co17 system or a Nd2Fe14B system as the main composition.

---

[Translation done.]



## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

## [Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] this invention relates to non-reciprocal circuit elements, such as a concentrated-constant type isolator and a circulator.

[0002]

[Description of the Prior Art] The miniaturization of the electronic parts carried in such communication equipment is called for with the spread of the mobile communications represented by the cellular phone. However, the isolator and circulator which are carried in the I/O portion of a transmitter were located in a line with power amplification, and are behind other electronic parts in progress of a miniaturization.

[0003] The basic structure of the conventional isolator and a circulator is shown in drawing 1 .

On the magnetic rotation child 1 who brings about irreversibility, the external magnet 2 for impressing a direct-current magnetic field to this magnetic rotation child 1 is attached, and the capacitor 3 is attached in the bottom of this as a capacity substrate. Furthermore, the yoke 4 is formed so that the whole may be surrounded in contact with the external magnet 2.

[0004] Usually, as a magnetic rotation child 11, the thing of a YIG (yttrium iron garnet) system and the substitution type garnet ferrite which specifically considered  $Y_3Fe_5O_{12}$  as basic composition, and added various elements to this are used. Moreover, as a magnet 12 for external-magnetic-field impression, the capacitor by which the dielectric constant temperature characteristic used [ the ferrite magnet ] about zero ceramic for RFs or the glass epoxy resin as a capacitor 13 for a part by volume is used. The temperature characteristic of saturation magnetization  $M_s$  cancels YIG by using a ferrite magnet with the large temperature characteristic of a residual magnetic flux density  $B_r$  for an external magnet with  $-7 \sim -0.1\%/degree$  C, since it is large, and the temperature coefficient as an isolator and the whole circulator element was made to be set to 0 closely.

[0005] How to miniaturize a magnet can be considered maintaining a required magnetic field using a more highly efficient magnet as a method of miniaturizing non-reciprocal circuit elements, such as these isolators and a circulator. The ferrite magnet used conventionally is a comparatively weak magnet, and has neodium, iron and a boron system magnet, samarium, iron and a nitrogen system magnet, a samarium cobalt system magnet, etc. as a magnet which has more powerful magnetism. However, rather than a ferrite magnet, since the temperature characteristic is a flat, these magnets cannot cancel the big temperature characteristic of YIG by the magnetic temperature characteristic, and, for this reason, cannot make a flat the temperature characteristic as an isolator and the whole circulator element.

[0006] Moreover, in order to miniaturize an isolator circulator, how to miniaturize the capacitor which forms a part for a part by volume can be considered using dielectric materials with a large dielectric constant. However,  $PbZrO_3$  with a larger dielectric constant than the conventional dielectric for RFs had the large temperature characteristic of a dielectric constant, and since a temperature coefficient could not be adjusted but the temperature coefficient of an element became large when it combined with YIG and a ferrite magnet, it has not used  $PbZrO_3$  for a part for a part by volume conventionally.

[0007]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] The purpose of this invention is offering the non-reciprocal circuit element which could be miniaturized and was excellent in the temperature characteristic.

[0008]

[Means for Solving the Problem] Such a purpose is attained by the following this invention.

[0009] A magnetic rotation child (1)  $3(YXR1-X)(FeYM1-Y)5+ZO12$  (However, R expresses one or more sorts of calcium, Bi, Gd, and rare earth elements, and M expresses one or more sorts of aluminum, V, Co, In, Zr, Sn, Ga, Mn, Si, germanium, and Ti.) When expressed, the oxide magnetic material which is  $X=1-0.2Y=1-0.6Z=-0.005-0.005$  is included. The non-reciprocal circuit element which an external magnet is [ the temperature coefficient of a residual magnetic flux density ] less than  $0\%/degree\ C$  of magnets  $-0.15\% [ /degree\ C ]$  or more, and considers the oxide which is  $A/B=0.98-1.1$  as the main composition when a part by volume expresses  $PbAZrBO3$ .

(2) The non-reciprocal circuit element of the above (1) whose  $25-degree\ C$  residual magnetic flux density of the aforementioned external magnet is 5 or more kGs.

The aforementioned external magnet (3)  $SmCo5$  system,  $Sm2Co17$  system, a  $Nd2Fe14B$  system, A  $Nd2Fe14C$  system,  $Sm(Fe11Ti)$  system,  $Sm2Fe17N2.5$  system,  $17CSm2Fe2.2$  system,  $Nd(Fe11Ti)N0.8$  system, the detailed composite material of  $Nd2Fe14B$  and  $Fe3B$ , The above (1) or (2) non-reciprocal circuit elements which are the rare earth permanent magnet which considers either detailed composite material of  $SmFe7N2$  and  $Fe$ , or detailed composite material of  $Nd2Fe14B$  and  $Fe$  as the main composition.

(4) One non-reciprocal circuit element of above-mentioned (1) - (3) which is the rare earth permanent magnet to which the aforementioned external magnet considers  $Sm2Co17$  system or a  $Nd2Fe14B$  system as the main composition.

[0010]

[Function] By the thing  $[\% / -0.15\% //degree\ C / \text{ or more } / \text{ less than } 0\%/degree\ C \text{ of magnets }]$  for which a temperature coefficient combines with the magnet for external-magnetic-field impression, and combines  $PbZrO3$  with a part by volume, a temperature coefficient can adjust the non-reciprocal circuit element of this invention, and it can prevent the frequency shift of the band property by temperature. Very high temperature stability is obtained and the non-reciprocal circuit element of this invention excels the conventional thing in the temperature characteristic.

[0011] Moreover, since a rare earth permanent magnet with a larger residual magnetic flux density than a ferrite magnet can be used for an external magnet by this, a required magnetic field can be acquired with a small external magnet, and the miniaturization of the magnet for external-magnetic-field impression also becomes possible from the former. Furthermore, since  $PbZrO3$  is a high dielectric constant, it becomes possible from the conventional dielectric material also about the miniaturization for a part by volume. Thereby, a non-reciprocal circuit element can be miniaturized.

[0012]

[Embodiments of the Invention] A magnetic rotation child is the oxide magnetic material expressed with  $3(YXR1-X)(FeYM1-Y)5+ZO12$ , and, as for the non-reciprocal circuit element of this invention, an external magnet considers the oxide (following, PZ) by which the temperature coefficient of a residual magnetic flux density is less than  $0\%/degree\ C$  of magnets  $-0.15\% [ /degree\ C ]$  or more, and a part by volume is expressed with  $PbAZrBO3$  as the main composition.

[0013] However, when expressed  $3(YXR1-X)(FeYM1-Y)5+ZO12$ ,  $R=\text{calcium, Bi and Gd, and Re (rare earth elements)}$   $X=1-0.2$  -- one to 0.1  $M=\text{aluminum preferably V, Co, In, Zr, Sn, Ga, Mn, Si, germanium, Ti}$   $Y=1-0.6$ , and the time of being  $1-0.3Z=-0.005-0.005$  preferably and expressing  $PbAZrBO3$  --  $A/B=0.98-1.1$  -- it is  $1-1.05$  preferably

[0014] The non-reciprocal circuit element of this invention uses for a magnetic rotation child the thing of a YIG (yttrium iron garnet) system, and the substitution type garnet ferrite which specifically considered  $Y3Fe5O12$  as basic composition, and added various elements to this like the conventional thing. It is a formula about composition of a replaced type garnet ferrite.  $(YXR1-X)$  When expressed with  $3(FeYM1-Y)5+ZO12$ , the element R which replaces Y is at least

one sort of calcium, Bi, Gd, and Re (rare earth elements). Moreover, the element M which replaces Fe is at least one sort of aluminum, V, Co, In, Zr, Sn, Ga, Mn, Si, germanium, and Ti. and X — one to 0.2 — desirable — 1–0.1 — it is — Y — one to 0.6 — it is 1–0.3 preferably In addition, the atomic ratio in the above-mentioned formula of Re (rare earth elements), and Co, Mn and Si which is a minute amount additive for a property improvement is usually 0.2 or less. Moreover, (Y containing substitution element) (Fe containing substitution element):O may be deflected from 3:5:12 which is a stoichiometric-composition ratio, and Z is –0.005–0.005.

[0015] Especially the diameter of an average grain of YIG has desirable 1–4 micrometers 0.5–10 micrometers.

[0016] the saturation magnetization  $M_s$  of YIG — 0.025 – 0.2 Wb/m<sup>2</sup> — it is 0.075 – 0.18 Wb/m<sup>2</sup> preferably And the temperature characteristic is –7—0.1%/degree C. For example,  $M_s(es)$  of YIG of Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:aluminum<sub>2</sub>O<sub>3</sub>=6:9:1 are 1.2kG(s), and –0.2%/degree C of the temperature characteristic exists.  $M_s(es)$  of YIG of Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:CaCO<sub>3</sub>= 11:23:2:8 are 1.3kG(s), and –0.12%/degree C of the temperature characteristic exists.

[0017] A magnetic rotation child's thickness is usually set to about 0.3–1.0mm.

[0018] The non-reciprocal circuit element of this invention cancels the big temperature characteristic of this YIG by the temperature characteristic of PZ of a part by volume, and the temperature coefficient of a residual magnetic flux density uses less than 0%/degree C of magnets –0.15% [/degree C ] or more for an external magnet. By considering as such composition, the temperature characteristic of the resonance frequency of a non-reciprocal circuit element can be made desirable in –0.02 – 0.02%/degree C degree C –0.05 to 0.05% /, and good temperature stability is obtained rather than the conventional thing.

[0019] The temperature coefficient of a residual magnetic flux density  $B_r$  of the external magnet used for the non-reciprocal circuit element of this invention is [ degree C ] less than 0%/degree C of magnets –0.12% [/degree C ] or more less than 0% /–0.15% [/degree C ] or more preferably.

[0020] Especially 25-degree C  $B_r$  of an external magnet has 8 or more desirable kGs 5 or more kGs. Since a required magnetic field can be acquired with a smaller external magnet by using a magnet with larger coercive force than the ferrite magnet used conventionally, an element can be miniaturized.

[0021] Thickness of an external magnet can be preferably set to 0.5mm or less 0.7mm or less.

[0022] There is a rare earth permanent magnet as such a magnet, and SmCo<sub>5</sub>, Sm<sub>2</sub>Co<sub>17</sub>, Nd<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>B, Nd<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>C, Sm (Fe<sub>11</sub>Ti), and Sm<sub>2</sub>Fe<sub>17</sub>N<sub>2.5</sub>, Sm<sub>2</sub>Fe<sub>17</sub>C<sub>2.2</sub>, and the thing that considers Nd(Fe<sub>11</sub>Ti) N<sub>0.8</sub> as the main composition are used preferably. Moreover, a detailed composite material called a detailed composite material called the detailed composite material Nd<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>B+Fe<sub>3</sub>B, and SmFe<sub>7</sub>N<sub>2</sub>+Fe, and Nd<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub> B+Fe is also used preferably. As for Nd<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub> B+Fe<sub>3</sub>B, it is desirable that Fe<sub>3</sub>B is 20 – 70vol%. As for SmFe<sub>7</sub>N<sub>2</sub>+Fe, it is desirable that Fe is 10 – 50vol%. As for Nd<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub> B+Fe, it is desirable that Fe is 20 – 70vol%. Especially as an external magnet, Sm<sub>2</sub>Co<sub>17</sub> system and a Nd<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>B system are desirable. In addition, these may be somewhat deflected from the stoichiometric composition.

[0023] The residual magnetic flux density and temperature coefficient of the above-mentioned magnet are shown in Table 1. Moreover, the temperature change of the residual magnetic flux density of a Nd<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>B magnet and a ferrite magnet is shown in drawing 2 . The above-mentioned magnet has  $B_r$  larger than a ferrite magnet, and the temperature coefficient is close to 0.

[0024]

[Table 1]

材料	残留磁束密度 (kG)	残留磁束密度の 温度係数(%/°C)
SmCo <sub>5</sub>	9.0	-0.045
Sm <sub>2</sub> Co <sub>17</sub>	11.3	-0.03
Nd <sub>2</sub> Fe <sub>14</sub> B	13.3	-0.12
Sm <sub>2</sub> Fe <sub>7</sub> N <sub>2.5</sub>		-0.10~-0.12
Nd <sub>2</sub> Fe <sub>14</sub> B+Fe <sub>3</sub> B		-0.05~-0.09
SmFe <sub>7</sub> N <sub>2</sub> +Fe		-0.07~-0.10
Nd <sub>2</sub> Fe <sub>14</sub> B+Fe		-0.05~-0.09
フェライト SrO <sub>6</sub> Fe <sub>2</sub> O <sub>8</sub>	4.2	-0.18

[0025] PZ is used for the part by volume of the non-reciprocal circuit element of this invention. the time of expressing PZ as PbAZrBO3 -- A/B -- 0.98-1.1 -- it is 1-1.05 preferably If A/B is larger than this, poor sintering will occur and a good capacity substrate will not be obtained. If smaller than this, Q value will fall and the loss as a capacity substrate will increase. The amount of oxygen may be deflected from the stoichiometric composition. In addition, B is 0.9-1.1.

[0026] Since the temperature coefficient of the specific inductive capacity of PbZrO3 is larger than a crystallized glass (-12 ppm/(degree C)), BaNd2Ti 5O14 (-110 ppm/(degree C)), etc. which are 2160 ppm/degree C and are used conventionally, the temperature characteristic of YIG can be adjusted and near of the temperature coefficient as the whole element can be carried out to 0. By this, use of the above-mentioned thing is attained at an external magnet, and the miniaturization of an element can be attained. As for especially the temperature coefficient of the specific inductive capacity of a part by volume, it is desirable that 1400-2400 ppm /are [ degree C ] 1600-2200 ppm/degree C.

[0027] And since the specific inductive capacity of PbZrO3 is larger than a crystallized glass (specific inductive capacity 10.7), BaNd2Ti 5O14 (specific inductive capacity 90), etc. which are about 140 and are used conventionally, it can miniaturize a part for a part by volume, and the miniaturization of an element is still more possible for it. As for especially the specific inductive capacity of a part by volume, it is [ 100 or more ] desirable that it is 120 or more.

[0028] The thickness of a part by volume is usually 0.3-0.5mm preferably 0.25-0.6mm. moreover, the size -- usually -- it is 5mm or less preferably 5mm or less and 7mm wide 7mm or less long

[0029] The RF property of PZ of a part by volume is so desirable that Q value is high, and, for this reason, it is desirable to add a cerium oxide, an oxidization terbium, an oxidization dysprosium, an oxidization gadolinium, a tellurium oxide, etc., and to improve a RF property. As for an addition, a 10mol% less or equal, especially less than [ 5mol% ] are desirable to PZ. A dielectric constant will become small if this is exceeded. Even if these use one sort, and they use two or more sorts together, they are not cared about.

[0030] Moreover, since a mechanical strength is improvement in a mechanical strength for a low reason, as for PZ, it may add the sintering acid of glass and B-2O3 grade. As glass, borosilicate glass, lead glass, zinc silicic-acid glass, zinc borosilicate glass, etc. are mentioned. As for the addition, a 2wt% less or equal, especially less than [ 1wt% ] are desirable. A dielectric constant will become small if this is exceeded.

[0031] Especially the diameter of an average grain of PZ has desirable 2-10 micrometers 1-20 micrometers. When the diameter of an average grain is larger than this, there is an inclination for intensity to become low. If smaller than this, it will be hard coming to form a green sheet.

[0032] Next, the manufacture method of a capacity substrate is explained.

[0033] Oxides, such as a lead oxide and a zirconium oxide, are used for a raw material, weighing capacity of these powder is carried out, and it grinds for 10 to 24 hours using a ball mill etc. You may use for a raw material the compound which may change to an oxide by baking, for example, a carbonate, a hydroxide, an oxalate, a nitrate, etc. The mean particle diameter of a raw material

has desirable about 0.5–10 micrometers.

[0034] And temporary quenching is carried out at 900–1100 degrees C for 1 to 2 hours.

[0035] this temporary-quenching powder -- desirable -- PVA (polyvinyl alcohol) solution etc. -- 1 – 10wt% -- it adds and corns 5 – 12wt% of the concentration of the solution to add is desirable.

[0036] This granulation is pressed by about two 1 t/cm, and it calcinates at 1200–1350 degrees C for 1 to 3 hours, putting into a bowl like this and suppressing leaden evapotranspiration.

[0037] This baking object is ground even in thickness predetermined by mechanical polishing etc., an external electrode is preferably printed and burned with a silver paste, and a capacity substrate is obtained. Or you may carry out simultaneous baking with a silver paste by the thick-film method.

[0038] Next, the manufacture method of the magnetic rotation child of this invention is

[0039] The oxide magnetic material of  $3(\text{FeYM1-Y})_5\text{ZO}_{12}$  is used for a magnetic rotation child (YXR1-X).

[0040] A magnetic rotation child uses metallic oxides, such as a yttrium oxide and an iron oxide, for a raw material, does weighing capacity of these powder, and mixes. You may use for a raw material the compound which may change to an oxide by baking, for example, a carbonate, a hydroxide, an oxalate, a nitrate, etc. The mean particle diameter of a raw material has desirable about 0.5–10 micrometers.

[0041] And temporary quenching of this end of mixed powder is carried out at 1100–1300 degrees C for 1 to 3 hours.

[0042] A ball mill etc. grinds this temporary-quenching powder, and it is made desirable about 1–10 micrometers of mean particle diameters.

[0043] Next, a vehicle is added to this temporary-quenching powder, and a magnetic-substance slurry is produced.

[0044] As a vehicle, solvents, such as binders, such as an acrylic organic binder, an ethyl cellulose, a polyvinyl butyral, methacrylic resin, and butyl methacrylate, isopropyl alcohol, toluene, a methyl ethyl ketone, a terpeneol, a butyl carbitol, butyl carbitol acetate, acetate, alcohol, and a xylene, other various dispersants, an activator, a plasticizer, etc. are mentioned, and arbitrary things are suitably chosen according to the purpose among these. As for the addition of a vehicle, it is desirable to consider as about 30–45wt% to an oxide.

[0045] Moreover, you may add silver in a magnetic-substance slurry. As for the content of the silver in the magnetic substance, it is further especially desirable a 10wt% less or equal especially less than [ 5wt% ] and also less than [ 3wt% ], and that it is less than [ 1wt% ]. It is desirable to perform silver addition by being granular. In addition, silver usually exists in a grain boundary after baking.

[0046] By the doctor blade method etc., this magnetic-substance slurry is fabricated to a green sheet.

[0047] Next, conductive paste is explained.

[0048] What mixed the metal which makes silver a principal component and dissolves to silver besides a silver simple substance at silver, such as copper, gold, palladium, and platinum, is sufficient as an electrical conducting material. When adding which metal, the content of the silver in an electrical conducting material carries out to more than 70 mol %. The reason is that the resistivity of an alloy will increase compared with silver resistivity if the amount of mixture exceeds 30–mol %. Still more preferably, in order to suppress the increase in a manufacturing cost, as for the amount of mixtures, it is desirable to consider as less than [ 5 mol % ] (for a silver content to be more than 95 mol %).

[0049] As a metallic oxide, Ga oxide ( $\text{Ga}_2\text{O}_3$ ), La oxide ( $\text{La}_2\text{O}_3$ ), Pr oxide ( $\text{Pr}_6\text{O}_{11}$ ), Sm oxide ( $\text{Sm}_2\text{O}_3$ ), Eu oxide ( $\text{Eu}_2\text{O}_3$ ), Any one or more sorts of Gd oxide ( $\text{Gd}_2\text{O}_3$ ), Dy oxide ( $\text{Dy}_2\text{O}_3$ ), Er oxide ( $\text{Er}_2\text{O}_3$ ), Tm oxide ( $\text{Tm}_2\text{O}_3$ ), and the Yb oxide ( $\text{Yb}_2\text{O}_3$ ) are chosen. The reason is these metallic oxides react with a ceramic element assembly, and spread in an element assembly. At this time, sufficient reactional phase for an interface is not generated as the content to the electrical-conducting-material 100 weight section of a metallic oxide is under the 0.1 weight

section, but silver wettability becomes bad. moreover -- if 20 weight sections are exceeded -- a metallic oxide -- being spread -- it cannot cut -- becoming -- an inner conductor -- a metallic oxide -- remaining -- a conductor -- resistance becomes large For this reason, as for the content of a metallic oxide, it is desirable that it is 0.1 - 20 weight section to the electrical-conducting-material 100 weight section. Although especially the particle size of an electrical conducting material is not limited, when forming a conductor with screen printing, it is desirable to set a mean particle diameter to 0.1-20 micrometers. Moreover, it is desirable to also set the mean particle diameter of a metallic oxide to 0.1-20 micrometers by the same reason.

[0050] As a vehicle, organic solvents, such as binders, such as an ethyl cellulose, a nitrocellulose, and an acrylic resin, a terpeneol, a butyl carbitol, and a hexyl carbitol, other dispersants, an activator, etc. are added suitably if needed. in addition, this conductor -- as for the vehicle content of a paste, it is desirable to consider as 5 - 70 % of the weight moreover, a conductor -- as for the viscosity of a paste, it is good to adjust to a 300-30000cps (centipoise) grade

[0051] the magnetic rotation child of this invention -- the green sheet of the magnetic substance -- a conductor -- a paste is formed by print processes etc. and it is obtained moreover -- for example, the magnetic rotation child who did thermocompression bonding and whom formed the central conductor pattern by the carbon paste etc., and did the laminating, and the hole opened to the configuration of an electrode pattern -- obtaining -- a conductor -- a paste is preferably pressed fit with a hydrostatic-pressure press, and it is obtained

[0052] A circulator is concretely mentioned and explained among the non-reciprocal circuit elements of this invention. The desirable circulator to which this invention is applied is illustrated by USs 08/219,917 (USP 5,450,045). This circulator has a magnetic rotation child. Two or more terminal electrodes which a magnetic rotation child has an inner conductor, have the insulating magnetic substance calcinated in one so that this inner conductor may be surrounded in this inner conductor and close state, and were further connected to the end of an inner conductor electrically, In order to resonate the RF impressed, it has two or more aforementioned capacity substrates combined with the terminal electrode, respectively, and a permanent magnet for excitation for impressing a direct-current magnetic field to a magnetic rotation child. In the circulator of this composition, since discontinuity does not exist in the magnetic substance and it becomes the closed loop by which RF magnetic flux continues in a magnetic rotation child, an anti-magnetic field does not occur. For this reason, miniaturization, wide-band-izing, and low loss-ization can be attained and low-pricing is also possible.

[0053] It is drawing where the decomposition perspective diagram in which it is the fracture perspective diagram in part, and drawing 4 shows the composition of this whole circulator and drawing 5 which show roughly the composition of the magnetic rotation child of 3 terminal circulator whose drawing 3 is an example of the above-mentioned circulator explain the representative circuit schematic of this circulator, and drawing 6 explains a part of manufacturing process of the magnetic rotation child of this circulator.

[0054] Since this circulator is 3 terminal type so that it may be illustrated, the magnetic rotation child 20 is formed so that a flat-surface configuration may serve as a right hexagon. However, as long as it is the structure where equal rotating magnetic field can be generated, a flat-surface configuration may not necessarily be a right hexagon, but may be hexagons other than a right hexagon, and other polygons. When circuit elements, such as a capacitor for resonance, are made the side external by making a magnetic rotation child's flat-surface configuration into a polygon in this way, a vacant space can be used effectively and it becomes possible to keep the whole size small.

[0055] In drawing 3, 10 shows the magnetic layer calcinated in one, is enclosed by this magnetic layer 10, and the inner conductor (central conductor) 11 of a predetermined pattern is formed. The inner conductor 11 has composition by which the laminating was carried out to two-layer in this example of composition, and the coil pattern of the strip elongated by 2 sets [ 1 ], respectively in the three radiation directions (the radiation direction perpendicular to at least one side of a hexagon) is prepared in each class. the coil pattern of the strip elongated in the same direction on both layers -- a veer hole -- it connects electrically mutually through the

conductor This uses the magnetic layer also as an insulator. The end of each coil pattern is electrically connected to the terminal electrode 12 prepared in the side in every other one of a magnetic layer 10. each side in which the terminal electrode 12 of a magnetic layer 10 is not formed in the upper surface and the inferior-surface-of-tongue row of a magnetic layer 10 -- grounding -- the conductor (grand electrode) 13 is formed the other end of each coil pattern -- grounding of each side -- it connects with the conductor 13 electrically

[0056] As the whole circulator, as shown in drawing 4, the capacitors 21a, 21b, and 21c for resonance are electrically connected to three terminal electrodes (12) of the magnetic rotation child 20. It is desirable to use a RF capacitor, for example, the high penetration type RF capacitor of a self-resonant frequency which is indicated by JP,5-251262,A which these people already propose and is exhibited etc., as these capacitors. this RF capacitor -- grounding -- a conductor, a dielectric, an inner conductor, and the multilayer object of one unit which becomes in piles in the sequence of a dielectric -- at least -- 1 unit pile -- a \*\* top -- further -- grounding -- it consists of multilayer TORIPU rate strip-line structure where the conductor and the dielectric were piled up in this sequence The fall of Q value can be prevented by using the large capacitor of such a penetrated type frequency-of-operation range. In addition, the connection mode of a terminal electrode and a capacitor is as being shown in the representative circuit schematic of drawing 5.

[0057] The permanent magnets 22 and 23 (refer to drawing 4) for excitation for impressing the direct-current magnetic field 14 (referring to drawing 3) to this magnetic rotation child 20 are attached in the magnetic rotation child's 20 upper and lower sides, respectively.

[0058] Next, the manufacturing process of the circulator of such composition is explained.

[0059] As shown in drawing 6 A, the up sheet 40 by the same insulating magnetic-substance material, the middle sheet 41, and the lower sheet 42 are prepared. Usually, the thickness of the up sheet 40 and the lower sheet 42 is about 0.3-1mm, carries out two or more sheet laminating of the sheet with a thickness of about (preferably 160 micrometers) 100-200 micrometers, and uses it. The thickness of the middle sheet 41 is about 30-200 micrometers, and is about 160 micrometers preferably.

[0060] The veer holes 43a, 43b, and 43c which penetrate this sheet are formed in the predetermined position of the middle sheet 41. a little larger veer hole in each veer hole position than the diameter -- a conductor is formed of printing or an imprint a veer hole -- although the thing same as a conductor as the electrical conducting material used for an inner conductor may be used, a twist may also use material with the high melting point for it

[0061] The lower inner conductors 45a, 45b, and 45c are formed in the upper surface of the middle sheet 41 and the lower sheet 42 of printing or an imprint of an inner conductor paste at the up inner conductors 44a and 44b and 44c row by 3 sets of coil patterns which consist of two strip patterns which each class avoids a veer hole portion in the same radiation direction (the radiation direction perpendicular to at least one side of a hexagon), and elongates in it, respectively. thus, warming after piling up the up sheet 40, the middle sheet 41, and the lower sheet 42 which were formed one by one -- a stack is carried out at a pressurization process A coil pattern symmetrical with 3 times will be arranged by this at front reverse side both sides of the middle sheet 41, and the propagation property between the terminals of 3 terminal circulator is mutually made in agreement from the symmetric property.

[0062] Thus, the up sheet 40, the middle sheet 41, and the lower sheet 42 by which the stack was carried out as shown in drawing 6 B are calcinated at the temperature of under the boiling point beyond the melting point of the aforementioned electrical conducting material. Baking may be 1 time and may be performed two or more times. In the case of multiple times, it considers as baking beyond the melting point once [ at least ]. The magnetic substance which constitutes the up sheet 40, the middle sheet 41, and the lower sheet 42 will be in the successive state, and is united with this baking.

[0063] In addition, at drawing 6 A and drawing 6 B, although the up sheet 40, the middle sheet 41, and the lower sheet 42 are already explained as a right hexagon-like thing, in order to calcinate at the temperature beyond the melting point of an electrical conducting material, by melting, an electrical conducting material flows out and bends and cuts after baking like by this invention.



[0064] the above baking process -- the end of the up inner conductors 44a, 44b, and 44c, and the end of the lower inner conductors 45a, 45b, and 45c -- the veer holes 43a and 43b and the veer hole in 43c -- it will connect electrically through a conductor, respectively

[0065] After baking and cutting, each magnetic rotation child is exposed by the inner conductor which barrel finishing is carried out and appears in the side, and beveling of the corner of a sintered compact is performed. then, each side in which are not formed the terminal electrode 46 in a magnetic rotation child's side in every other one, and a magnetic rotation child's terminal electrode 46 is not formed in the upper surface and an undersurface row as shown in drawing 6 C -- grounding -- a conductor 47 is printed and formed the other end which the other end exposed to the magnetic rotation child side of the up inner conductors 44a, 44b, and 44c will be electrically connected by this to each terminal electrode (46), and has been exposed to the magnetic rotation child side of the lower inner conductors 45a, 45b, and 45c -- grounding of each side -- it will connect with a conductor (47) electrically And as shown in drawing 4 , the capacitors 21a, 21b, and 21c for resonance are attached to each terminal electrode (46) of this magnetic rotation child, and it solders to it by the reflow method etc. Then, metal housing which makes the permanent magnet for excitation and the magnetic yoke for impressing a direct-current magnetic field serve a double purpose is attached, and a circulator is completed.

[0066] Although the above-mentioned example of composition is related with a three terminal type circulator, this invention is applicable also about the circulator which has the terminal of the number beyond it. Furthermore, it is applicable also to a distributed constant type circulator in which the impedance converter for a magnetic rotation child and a capacity circuit being unified besides the concentrated-constant type circulator mentioned above, and extending the frequency-of-operation range in a terminal circuit is included. Moreover, non-reciprocal circuit elements, such as an isolator, are also easily producible by developing such a circulator.

[0067]

[Example] Hereafter, the concrete example of this invention is explained.

[0068] Ball mill trituration of the zirconium oxide ( $ZrO_2$ ) of the lead oxide ( $PbO$ ) of 8.57 micrometers of production mean particle diameters of a <example 1>  $1.PbZrO_3$  capacity substrate and 1.94 micrometers of mean particle diameters was carried out at a rate of 1:1 by the mole ratio for 12 hours, and temporary quenching was carried out at 1000 degrees C for 2 hours. and the obtained temporary-quenching powder (2.10 micrometers of mean particle diameters) -- 10wt%PVA (polyvinyl alcohol) solution -- 5wt(s)% -- it added and corned This granulation was pressed by 1 t/cm<sup>2</sup>, and it calcinated at 1300 degrees C for 2 hours, having put into the bowl like this and suppressing leaden evapotranspiration. The mean particle diameter of the powder after baking was 3.47 micrometers of mean particle diameters. The baking object was ground to the thickness of 300 micrometers by mechanical polishing, and printed and burned the external electrode with a silver paste.

[0069] 2. The aluminum oxide (aluminum  $2O_3$ ) of 1.10 micrometers of mean particle diameters was mixed with the yttrium oxide ( $Y_2O_3$ ) of 4.38 micrometers of a magnetic rotation child's (YIG1) production mean particle diameters, and the iron oxide ( $Fe\ 2O_3$ ) of 1.69 micrometers of mean particle diameters at a rate of 6:9:1 by the mole ratio, and temporary quenching was carried out at 1200 degrees C for 2 hours. And the ball mill ground the obtained temporary-quenching powder. temporary-quenching powder (2.16 micrometers of mean particle diameters) -- an acrylic organic binder -- the partially aromatic solvent of 24wt(s)%, isopropyl alcohol, toluene, and a methyl ethyl ketone -- 13wt(s)% -- it added and the magnetic-substance slurry was produced The obtained slurry was fabricated in the doctor blade method to the green sheet.

[0070] The hole for beer halls was formed in the green sheet by the punching machine, and the central conductor pattern was formed in the green sheet by the thick-film-screen-printing method after that. At this time, restoration of the beer hall of a beer hall was also performed simultaneously. The carbon paste was used for the printing paste. Thermocompression bonding of the green sheet was carried out, and the layered product was obtained. It cut in the configuration of an after that predetermined size, and calcinated at 1430 degrees C. The mean particle diameter of YIG after baking was 3.85 micrometers. At this time, the magnetic rotation child whom disassembled carbon and the hole opened to the configuration of an electrode

pattern was obtained.

[0071] the conductor which becomes this from 100% of silver -- the paste was pressed fit with a hydrostatic-pressure press And the magnetic rotation child by whom the silver electrode was formed in the interior was obtained by printing this at 900 degrees C.

[0072] Next, the grand electrode was formed by printing a silver paste on the vertical side of a baking object. Furthermore, the electrode which connects each terminal electrode and an up-and-down grand electrode with the baking object side was formed by printing a silver paste.

[0073] The magnetic rotation child with whom the magnetic substance and the central conductor were united by this was obtained.

[0074] 3. The non-reciprocal circuit element was obtained by assembling the magnetic rotation child (YIG1) and PbZrO<sub>3</sub> capacity substrate which were obtained by carrying out like an assembly lever, the external magnet (thickness of 0.4mm) which considers Sm<sub>2</sub>Co<sub>17</sub> as the main composition, and a yoke by arrangement of drawing 1 .

[0075] The RF property was measured with the network analyzer, placed the sample into the thermostat and measured the temperature characteristic. The temperature characteristic of the isolator measured to Table 2 is shown. In addition, the temperature coefficient of resonance frequency asked for the temperature coefficient of -35 degrees C - 25 degrees C, and the temperature coefficient of 25 degrees C - 85 degrees C, among those showed the worse one in Table 2.

[0076]

[Table 2]

サンプル No.	共振周波数 (MHz)			共振周波数温度係数
	-35℃	25℃	85℃	
実施例 1	888	894	888	±0.0112%/℃以内
実施例 2	1129	1142	1129	±0.0190%/℃以内
実施例 3	1318	1333	1338	±0.0188%/℃以内
比較例1	856	813	778	±0.0882%/℃以内
比較例2	725	741	770	±0.0652%/℃以内
比較例3	1119	1160	1238	±0.1121%/℃以内
比較例4	1168	1202	1253	±0.0707%/℃以内
比較例5	907	866	827	±0.0789%/℃以内

[0077] Ball mill trituration of the zirconium oxide (ZrO<sub>2</sub>) of the lead oxide (PbO) of 8.57 micrometers of production mean particle diameters of a <example 2> 1.PbZrO<sub>3</sub> capacity substrate and 1.94 micrometers of mean particle diameters was carried out at a rate of 1:1 by the mole ratio for 12 hours, and temporary quenching was carried out at 1000 degrees C for 2 hours. and the obtained temporary-quenching powder (2.10 micrometers of mean particle diameters) -- 10wt%PVA (polyvinyl alcohol) solution -- 5wt(s)% -- it added and corned This granulation was pressed by 1 t/cm<sup>2</sup>, and it calcinated at 1300 degrees C for 2 hours, having put into the bowl like this and suppressing leaden evapotranspiration. The mean particle diameter of the powder after baking was 3.47 micrometers of mean particle diameters. The baking object was ground to the thickness of 300 micrometers by mechanical polishing, and printed and burned the external electrode with a silver paste.

[0078] 2. The calcium carbonate (CaCO<sub>3</sub>) of 2.04 micrometers of mean particle diameters was mixed with the yttrium oxide (Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) of 4.38 micrometers of a magnetic rotation child's (YIG2) production mean particle diameters, the iron oxide (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) of 1.69 micrometers of mean particle diameters, and the vanadium oxide (V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) of 1.75 micrometers of mean particle diameters at a rate of 11:23:2:8 by the mole ratio, and temporary quenching was carried out at 1100 degrees C for 2 hours. And the ball mill ground the obtained temporary-quenching powder. temporary-quenching powder (1.97 micrometers of mean particle diameters) -- an acrylic organic binder --

the partially aromatic solvent of 24wt(s)%, isopropyl alcohol, toluene, and a methyl ethyl ketone – 13wt(s)% -- it added and the magnetic-substance slurry was produced The obtained slurry was fabricated in the doctor blade method to the green sheet.

[0079] The hole for beer halls was formed in the green sheet by the punching machine, and the central conductor pattern was formed in the green sheet by the thick-film-screen-printing method after that. At this time, restoration of the beer hall of a beer hall was also performed simultaneously. The carbon paste was used for the printing paste. Thermocompression bonding of the green sheet was carried out, and the layered product was obtained. It cut in the configuration of an after that predetermined size, and calcinated at 1300 degrees C. The mean particle diameter of YIG after baking was 8.19 micrometers. At this time, the magnetic rotation child whom disassembled carbon and the hole opened to the configuration of an electrode pattern was obtained.

[0080] the conductor which becomes this from 100% of silver -- the paste was pressed fit with a hydrostatic-pressure press And the magnetic rotation child by whom the silver electrode was formed in the interior was obtained by printing this at 900 degrees C.

[0081] Next, the grand electrode was formed by printing a silver paste on the vertical side of a baking object. Furthermore, the electrode which connects each terminal electrode and an up-and-down grand electrode with the baking object side was formed by printing a silver paste.

[0082] The magnetic rotation child with whom the magnetic substance and the central conductor were united by this was obtained.

[0083] 3. The non-reciprocal circuit element was obtained by assembling the magnetic rotation child (YIG2) and PbZrO<sub>3</sub> capacity substrate which were obtained by carrying out like an assembly lever, the external magnet (thickness of 0.4mm) which considers Sm<sub>2</sub>Co<sub>17</sub> as the main composition, and a yoke by arrangement of drawing 1 .

[0084] The RF property was measured with the network analyzer, placed the sample into the thermostat and measured the temperature characteristic. The temperature characteristic of the isolator measured to Table 2 is shown.

[0085] Ball mill pulverization of the zirconium oxide (ZrO<sub>2</sub>) of the lead oxide (PbO) of 8.57 micrometers of production mean particle diameters of a <example 3> 1.PbZrO<sub>3</sub> capacity substrate and 1.94 micrometers of mean particle diameters was carried out at a rate of 1:1 by the mole ratio for 12 hours, and temporary quenching was carried out at 1000 degrees C for 2 hours. and the obtained temporary-quenching powder (2.10 micrometers of mean particle diameters) -- 10wt%PVA (polyvinyl alcohol) solution -- 5wt(s)% -- it added and corned This granulation was pressed by 1 t/cm<sup>2</sup>, and it calcinated at 1300 degrees C for 2 hours, having put into the bowl like this and suppressing leaden evapotranspiration. The mean particle diameter of the powder after baking was 3.47 micrometers of mean particle diameters. The baking object was ground to the thickness of 300 micrometers by mechanical polishing, and printed and burned the external electrode with a silver paste.

[0086] 2. The aluminum oxide (aluminum 2O<sub>3</sub>) of 1.10 micrometers of mean particle diameters was mixed with the yttrium oxide (Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) of 4.38 micrometers of a magnetic rotation child's (YIG1) production mean particle diameters, and the iron oxide (Fe 2O<sub>3</sub>) of 1.69 micrometers of mean particle diameters at a rate of 6:9:1 by the mole ratio, and temporary quenching was carried out at 1200 degrees C for 2 hours. And the ball mill ground the obtained temporary-quenching powder. temporary-quenching powder (2.16 micrometers of mean particle diameters) -- an acrylic organic binder -- the partially aromatic solvent of 24wt(s)%, isopropyl alcohol, toluene, and a methyl ethyl ketone -- 13wt(s)% -- it added and the magnetic-substance slurry was produced The obtained slurry was fabricated in the doctor blade method to the green sheet.

[0087] The hole for beer halls was formed in the green sheet by the punching machine, and the central conductor pattern was formed in the green sheet by the thick-film-screen-printing method after that. At this time, restoration of the beer hall of a beer hall was also performed simultaneously. The carbon paste was used for the printing paste. Thermocompression bonding of the green sheet was carried out, and the layered product was obtained. It cut in the configuration of an after that predetermined size, and calcinated at 1430 degrees C. The mean particle diameter of YIG after baking was 3.85 micrometers. At this time, the magnetic rotation

child whom disassembled carbon and the hole opened to the configuration of an electrode pattern was obtained.

[0088] the conductor which becomes this from 100% of silver -- the paste was pressed fit with a hydrostatic-pressure press And the magnetic rotation child by whom the silver electrode was formed in the interior was obtained by printing this at 900 degrees C.

[0089] Next, the grand electrode was formed by printing a silver paste on the vertical side of a baking object. Furthermore, the electrode which connects each terminal electrode and an up-and-down grand electrode with the baking object side was formed by printing a silver paste.

[0090] The magnetic rotation child with whom the magnetic substance and the central conductor were united by this was obtained.

[0091] 3. The non-reciprocal circuit element was obtained by assembling the magnetic rotation child (YIG1) and PbZrO<sub>3</sub> capacity substrate which were obtained by carrying out like an assembly lever, the external magnet (thickness of 0.4mm) which considers Nd<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>B as the main composition, and a yoke by arrangement of drawing 1.

[0092] The RF property was measured with the network analyzer, placed the sample into the thermostat and measured the temperature characteristic. The temperature characteristic of the isolator measured to Table 2 is shown.

[0093] The aluminum oxide (aluminum 2O<sub>3</sub>) of 1.10 micrometers of mean particle diameters was mixed with strontium glass of 1.90 micrometers of production mean particle diameters of a <example 1 of comparison> 1. crystallized-glass capacity substrate, and titanium oxide (TiO<sub>2</sub>) of 2.38 micrometers of mean particle diameters at a rate of 14:3:3 by the weight ratio. and this end of mixed powder -- an acrylic organic binder -- the partially aromatic solvent of 24wt(s)%, isopropyl alcohol, toluene, and a methyl ethyl ketone -- 13wt(s)% -- it added and the dielectric slurry was produced The obtained slurry was fabricated in the doctor blade method to the green sheet.

[0094] The hole for beer halls was formed in the green sheet by the punching machine, and the central conductor pattern was formed in the green sheet by the thick-film-screen-printing method after that. At this time, restoration of the beer hall of a beer hall was also performed simultaneously. The silver paste was used for the printing paste. Thermocompression bonding of the green sheet was carried out, and the layered product was obtained. It cut in the configuration of an after that predetermined size, and calcinated at 900 degrees C.

[0095] Next, the external electrode was formed by printing a silver paste on the vertical side of a baking object.

[0096] The capacity substrate with which the dielectric and the central conductor were united by this was obtained.

[0097] 2. The aluminum oxide (aluminum 2O<sub>3</sub>) of 1.10 micrometers of mean particle diameters was mixed with the yttrium oxide (Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) of 4.38 micrometers of a magnetic rotation child's (YIG1) production mean particle diameters, and the iron oxide (Fe 2O<sub>3</sub>) of 1.69 micrometers of mean particle diameters at a rate of 6:9:1 by the mole ratio, and temporary quenching was carried out at 1200 degrees C for 2 hours. And the ball mill ground the obtained temporary-quenching powder. temporary-quenching powder (2.16 micrometers of mean particle diameters) -- an acrylic organic binder -- the partially aromatic solvent of 24wt(s)%, isopropyl alcohol, toluene, and a methyl ethyl ketone -- 13wt(s)% -- it added and the magnetic-substance slurry was produced The obtained slurry was fabricated in the doctor blade method to the green sheet.

[0098] The hole for beer halls was formed in the green sheet by the punching machine, and the central conductor pattern was formed in the green sheet by the thick-film-screen-printing method after that. At this time, restoration of the beer hall of a beer hall was also performed simultaneously. The carbon paste was used for the printing paste. Thermocompression bonding of the green sheet was carried out, and the layered product was obtained. It cut in the configuration of an after that predetermined size, and calcinated at 1430 degrees C. The mean particle diameter of YIG after baking was 3.85 micrometers. At this time, the magnetic rotation child whom disassembled carbon and the hole opened to the configuration of an electrode pattern was obtained.

[0099] the conductor which becomes this from 100% of silver -- the paste was pressed fit with a

hydrostatic-pressure press And the magnetic rotation child by whom the silver electrode was formed in the interior was obtained by printing this at 900 degrees C.

[0100] Next, the grand electrode was formed by printing a silver paste on the vertical side of a baking object. Furthermore, the electrode which connects each terminal electrode and an up-and-down grand electrode with the baking object side was formed by printing a silver paste.

[0101] The magnetic rotation child with whom the magnetic substance and the central conductor were united by this was obtained.

[0102] 3. The non-reciprocal circuit element was obtained by assembling the magnetic rotation child (YIG1) and crystallized-glass capacity substrate which were obtained by carrying out like an assembly lever, the external magnet (thickness of 0.4mm) which considers  $\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$  as the main composition, and a yoke by arrangement of drawing 1 .

[0103] The RF property was measured with the network analyzer, placed the sample into the thermostat and measured the temperature characteristic. The temperature characteristic of the isolator measured to Table 2 is shown.

[0104] The aluminum oxide (aluminum  $2\text{O}_3$ ) of 1.10 micrometers of mean particle diameters was mixed with strontium glass of 1.90 micrometers of production mean particle diameters of a <example 2 of comparison> 1. crystallized-glass capacity substrate, and titanium oxide ( $\text{TiO}_2$ ) of 2.38 micrometers of mean particle diameters at a rate of 14:3:3 by the weight ratio. and this end of mixed powder -- an acrylic organic binder -- the partially aromatic solvent of 24wt(s)%, isopropyl alcohol, toluene, and a methyl ethyl ketone -- 13wt(s)% -- it added and the dielectric slurry was produced The obtained slurry was fabricated in the doctor blade method to the green sheet.

[0105] The hole for beer halls was formed in the green sheet by the punching machine, and the central conductor pattern was formed in the green sheet by the thick-film-screen-printing method after that. At this time, restoration of the beer hall of a beer hall was also performed simultaneously. The silver paste was used for the printing paste. Thermocompression bonding of the green sheet was carried out, and the layered product was obtained. It cut in the configuration of an after that predetermined size, and calcinated at 900 degrees C.

[0106] Next, the external electrode was formed by printing a silver paste on the vertical side of a baking object.

[0107] The capacity substrate with which the dielectric and the central conductor were united by this was obtained.

[0108] 2. The aluminum oxide (aluminum  $2\text{O}_3$ ) of 1.10 micrometers of mean particle diameters was mixed with the yttrium oxide ( $\text{Y}_2\text{O}_3$ ) of 4.38 micrometers of a magnetic rotation child's (YIG1) production mean particle diameters, and the iron oxide ( $\text{Fe } 2\text{O}_3$ ) of 1.69 micrometers of mean particle diameters at a rate of 6:9:1 by the mole ratio, and temporary quenching was carried out at 1200 degrees C for 2 hours. And the ball mill ground the obtained temporary-quenching powder. temporary-quenching powder (2.16 micrometers of mean particle diameters) -- an acrylic organic binder -- the partially aromatic solvent of 24wt(s)%, isopropyl alcohol, toluene, and a methyl ethyl ketone -- 13wt(s)% -- it added and the magnetic-substance slurry was produced The obtained slurry was fabricated in the doctor blade method to the green sheet.

[0109] The hole for beer halls was formed in the green sheet by the punching machine, and the central conductor pattern was formed in the green sheet by the thick-film-screen-printing method after that. At this time, restoration of the beer hall of a beer hall was also performed simultaneously. The carbon paste was used for the printing paste. Thermocompression bonding of the green sheet was carried out, and the layered product was obtained. It cut in the configuration of an after that predetermined size, and calcinated at 1430 degrees C. The mean particle diameter of YIG after baking was 3.85 micrometers. At this time, the magnetic rotation child whom disassembled carbon and the hole opened to the configuration of an electrode pattern was obtained.

[0110] the conductor which becomes this from 100% of silver -- the paste was pressed fit with a hydrostatic-pressure press And the magnetic rotation child by whom the silver electrode was formed in the interior was obtained by printing this at 900 degrees C.

[0111] Next, the grand electrode was formed by printing a silver paste on the vertical side of a

baking object. Furthermore, the electrode which connects each terminal electrode and an up-and-down grand electrode with the baking object side was formed by printing a silver paste.

[0112] The magnetic rotation child with whom the magnetic substance and the central conductor were united by this was obtained.

[0113] 3. The non-reciprocal circuit element was obtained by assembling the magnetic rotation child (YIG1) and crystallized-glass capacity substrate which were obtained by carrying out like an assembly lever, the external magnet (thickness of 0.8mm) of the magnet made from a ferrite, and a yoke by arrangement of drawing 1.

[0114] The RF property was measured with the network analyzer, placed the sample into the thermostat and measured the temperature characteristic. The temperature characteristic of the isolator measured to Table 2 is shown.

[0115] Ball mill pulverization of the barium carbonate ( $\text{BaCO}_3$ ) of 1.39 micrometers of production mean particle diameters of a <example 3 of comparison> 1.Ba-Nd-Ti capacity substrate, oxidation neodium ( $\text{Nd}_2\text{O}_3$ ) of 3.04 micrometers of mean particle diameters, and the titanium oxide ( $\text{TiO}_2$ ) of 2.38 micrometers of mean particle diameters was carried out at a rate of 1:1:5 by the mole ratio for 12 hours, and temporary quenching was carried out at 1200 degrees C for 2 hours. and the obtained temporary-quenching powder (2.80 micrometers of mean particle diameters) — 10wt%PVA (polyvinyl alcohol) solution — 5wt(s)% — it added and corned This granulation was pressed by 1 t/cm<sup>2</sup>, and was calcinated at 1320 degrees C for 2 hours. The mean particle diameter of the powder after baking was 3.50 micrometers of mean particle diameters. The baking object was ground to the thickness of 300 micrometers by mechanical polishing, and printed and burned the external electrode with a silver paste.

[0116] 2. The calcium carbonate ( $\text{CaCO}_3$ ) of 2.04 micrometers of mean particle diameters was mixed with the yttrium oxide ( $\text{Y}_2\text{O}_3$ ) of 4.38 micrometers of a magnetic rotation child's (YIG2) production mean particle diameters, the iron oxide ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) of 1.69 micrometers of mean particle diameters, and the vanadium oxide ( $\text{V}_2\text{O}_5$ ) of 1.75 micrometers of mean particle diameters at a rate of 11:23:2:8 by the mole ratio, and temporary quenching was carried out at 1100 degrees C for 2 hours. And the ball mill ground the obtained temporary-quenching powder. temporary-quenching powder (1.97 micrometers of mean particle diameters) — an acrylic organic binder — the partially aromatic solvent of 24wt(s)%, isopropyl alcohol, toluene, and a methyl ethyl ketone — 13wt(s)% — it added and the magnetic-substance slurry was produced The obtained slurry was fabricated in the doctor blade method to the green sheet.

[0117] The hole for beer halls was formed in the green sheet by the punching machine, and the central conductor pattern was formed in the green sheet by the thick-film-screen-printing method after that. At this time, restoration of the beer hall of a beer hall was also performed simultaneously. The carbon paste was used for the printing paste. Thermocompression bonding of the green sheet was carried out, and the layered product was obtained. It cut in the configuration of an after that predetermined size, and calcinated at 1300 degrees C. The mean particle diameter of YIG after baking was 8.19 micrometers. At this time, the magnetic rotation child whom disassembled carbon and the hole opened to the configuration of an electrode pattern was obtained.

[0118] the conductor which becomes this from 100% of silver — the paste was pressed fit with a hydrostatic-pressure press And the magnetic rotation child by whom the silver electrode was formed in the interior was obtained by printing this at 900 degrees C.

[0119] Next, the grand electrode was formed by printing a silver paste on the vertical side of a baking object. Furthermore, the electrode which connects each terminal electrode and an up-and-down grand electrode with the baking object side was formed by printing a silver paste.

[0120] The magnetic rotation child with whom the magnetic substance and the central conductor were united by this was obtained.

[0121] 3. The non-reciprocal circuit element was obtained by assembling the magnetic rotation child (YIG2) and Ba-Nd-Ti capacity substrate which were obtained by carrying out like an assembly lever, the external magnet (thickness of 0.4mm) which considers  $\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$  as the main composition, and a yoke by arrangement of drawing 1.

[0122] The RF property was measured with the network analyzer, placed the sample into the

thermostat and measured the temperature characteristic. The temperature characteristic of the isolator measured to Table 2 is shown.

[0123] Ball mill pulverization of the barium carbonate ( $\text{BaCO}_3$ ) of 1.39 micrometers of production mean particle diameters of a <example 4 of comparison> 1.Ba-Nd-Ti capacity substrate, oxidization neodium ( $\text{Nd}_2\text{O}_3$ ) of 3.04 micrometers of mean particle diameters, and the titanium oxide ( $\text{TiO}_2$ ) of 2.38 micrometers of mean particle diameters was carried out at a rate of 1:1:5 by the mole ratio for 12 hours, and temporary quenching was carried out at 1200 degrees C for 2 hours. and the obtained temporary-quenching powder (2.80 micrometers of mean particle diameters) -- 10wt%PVA (polyvinyl alcohol) solution -- 5wt(s)% -- it added and corned This granulation was pressed by 1 t/cm<sup>2</sup>, and was calcinated at 1320 degrees C for 2 hours. The mean particle diameter of the powder after baking was 3.50 micrometers of mean particle diameters. The baking object was ground to the thickness of 300 micrometers by mechanical polishing, and printed and burned the external electrode with a silver paste.

[0124] 2. The aluminum oxide (aluminum  $2\text{O}_3$ ) of 1.10 micrometers of mean particle diameters was mixed with the yttrium oxide ( $\text{Y}_2\text{O}_3$ ) of 4.38 micrometers of a magnetic rotation child's (YIG1) production mean particle diameters, and the iron oxide ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) of 1.69 micrometers of mean particle diameters at a rate of 6:9:1 by the mole ratio, and temporary quenching was carried out at 1200 degrees C for 2 hours. And the ball mill ground the obtained temporary-quenching powder. temporary-quenching powder (2.16 micrometers of mean particle diameters) -- an acrylic organic binder -- the partially aromatic solvent of 24wt(s)%, isopropyl alcohol, toluene, and a methyl ethyl ketone -- 13wt(s)% -- it added and the magnetic-substance slurry was produced The obtained slurry was fabricated in the doctor blade method to the green sheet.

[0125] The hole for beer halls was formed in the green sheet by the punching machine, and the central conductor pattern was formed in the green sheet by the thick-film-screen-printing method after that. At this time, restoration of the beer hall of a beer hall was also performed simultaneously. The carbon paste was used for the printing paste. Thermocompression bonding of the green sheet was carried out, and the layered product was obtained. It cut in the configuration of an after that predetermined size, and calcinated at 1430 degrees C. The mean particle diameter of YIG after baking was 3.85 micrometers. At this time, the magnetic rotation child whom disassembled carbon and the hole opened to the configuration of an electrode pattern was obtained.

[0126] the conductor which becomes this from 100% of silver -- the paste was pressed fit with a hydrostatic-pressure press And the magnetic rotation child by whom the silver electrode was formed in the interior was obtained by printing this at 900 degrees C.

[0127] Next, the grand electrode was formed by printing a silver paste on the vertical side of a baking object. Furthermore, the electrode which connects each terminal electrode and an up-and-down grand electrode with the baking object side was formed by printing a silver paste.

[0128] The magnetic rotation child with whom the magnetic substance and the central conductor were united by this was obtained.

[0129] 3. The non-reciprocal circuit element was obtained by assembling the magnetic rotation child (YIG1) and Ba-Nd-Ti capacity substrate which were obtained by carrying out like an assembly lever, the external magnet (thickness of 0.4mm) which considers  $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$  as the main composition, and a yoke by arrangement of drawing 1 .

[0130] The RF property was measured with the network analyzer, placed the sample into the thermostat and measured the temperature characteristic. The temperature characteristic of the isolator measured to Table 2 is shown.

[0131] The aluminum oxide (aluminum  $2\text{O}_3$ ) of 1.10 micrometers of mean particle diameters was mixed with strontium glass of 1.90 micrometers of production mean particle diameters of a <example 5 of comparison> 1. crystallized-glass capacity substrate, and titanium oxide ( $\text{TiO}_2$ ) of 2.38 micrometers of mean particle diameters at a rate of 14:3:3 by the weight ratio. and this end of mixed powder -- an acrylic organic binder -- the partially aromatic solvent of 24wt(s)%, isopropyl alcohol, toluene, and a methyl ethyl ketone -- 13wt(s)% -- it added and the dielectric slurry was produced The obtained slurry was fabricated in the doctor blade method to the green sheet.



[0132] The hole for beer halls was formed in the green sheet by the punching machine, and the central conductor pattern was formed in the green sheet by the thick-film-screen-printing method after that. At this time, restoration of the beer hall of a beer hall was also performed simultaneously. The silver paste was used for the printing paste. Thermocompression bonding of the green sheet was carried out, and the layered product was obtained. It cut in the configuration of an after that predetermined size, and calcinated at 900 degrees C.

[0133] Next, the external electrode was formed by printing a silver paste on the vertical side of a baking object.

[0134] The capacity substrate with which the dielectric and the central conductor were united by this was obtained.

[0135] 2. The calcium carbonate ( $\text{CaCO}_3$ ) of 2.04 micrometers of mean particle diameters was mixed with the yttrium oxide ( $\text{Y}_2\text{O}_3$ ) of 4.38 micrometers of a magnetic rotation child's (YIG2) production mean particle diameters, the iron oxide ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) of 1.69 micrometers of mean particle diameters, and the vanadium oxide ( $\text{V}_2\text{O}_5$ ) of 1.75 micrometers of mean particle diameters at a rate of 11:23:2:8 by the mole ratio, and temporary quenching was carried out at 1100 degrees C for 2 hours. And the ball mill ground the obtained temporary-quenching powder. temporary-quenching powder (1.97 micrometers of mean particle diameters) — an acrylic organic binder — the partially aromatic solvent of 24wt(s)%, isopropyl alcohol, toluene, and a methyl ethyl ketone — 13wt(s)% — it added and the magnetic-substance slurry was produced The obtained slurry was fabricated in the doctor blade method to the green sheet.

[0136] The hole for beer halls was formed in the green sheet by the punching machine, and the central conductor pattern was formed in the green sheet by the thick-film-screen-printing method after that. At this time, restoration of the beer hall of a beer hall was also performed simultaneously. The carbon paste was used for the printing paste. Thermocompression bonding of the green sheet was carried out, and the layered product was obtained. It cut in the configuration of an after that predetermined size, and calcinated at 1300 degrees C. The mean particle diameter of YIG after baking was 8.19 micrometers. At this time, the magnetic rotation child whom disassembled carbon and the hole opened to the configuration of an electrode pattern was obtained.

[0137] the conductor which becomes this from 100% of silver — the paste was pressed fit with a hydrostatic-pressure press And the magnetic rotation child by whom the silver electrode was formed in the interior was obtained by printing this at 900 degrees C.

[0138] Next, the grand electrode was formed by printing a silver paste on the vertical side of a baking object. Furthermore, the electrode which connects each terminal electrode and an up-and-down grand electrode with the baking object side was formed by printing a silver paste.

[0139] The magnetic rotation child with whom the magnetic substance and the central conductor were united by this was obtained.

[0140] 3. The non-reciprocal circuit element was obtained by assembling the magnetic rotation child (YIG2) and crystallized-glass capacity substrate which were obtained by carrying out like an assembly lever, the external magnet (thickness of 0.4mm) which considers  $\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$  as the main composition, and a yoke by arrangement of drawing 1.

[0141] The RF property was measured with the network analyzer, placed the sample into the thermostat and measured the temperature characteristic. The temperature characteristic of the isolator measured to Table 2 is shown.

[0142] The non-reciprocal circuit element of this invention has the extremely stable property of resonance frequency to the temperature change of the external world, in order that the temperature coefficient of the specific inductive capacity of a  $\text{PbZrO}_3$  capacity substrate, the temperature coefficient of the residual magnetic flux density of the external magnet which considers a rare earth permanent magnet as the main composition, and the temperature coefficient of the saturation magnetization a magnetic rotation child's YIG may cancel.

[0143] Moreover, since a rare earth permanent magnet can give sufficient external magnetic field even if it is smaller than the ferrite magnet used conventionally, it can make the whole element very thin. Here, although the rare earth permanent magnet used the thing with a thickness of 0.4mm, in the ferrite magnet, the thickness of 0.8mm was required to acquire a required magnetic

field.

[0144] Furthermore, since the dielectric constant was higher than the conventional thing, a PbZrO<sub>3</sub> capacity substrate can also be made small. Although the 4.8mm long and 4.5mm wide thing was used for the PbZrO<sub>3</sub> capacity substrate, in order to obtain the same capacity, in other things, 6mm by 5.6mm was required for it.

[0145] In order that the temperature coefficient of a capacity substrate, the temperature coefficient of an external magnet, and the temperature coefficient of YIG might not cancel the non-reciprocal circuit element of the examples 1, 3, 4, and 5 of comparison, the property changed a lot to the temperature change of the external world. Furthermore, since it was small as compared with PbZrO<sub>3</sub>, the horizontal appearance also became [ the dielectric constant of dielectric materials ] large.

[0146] In order that the temperature coefficient of a capacity substrate, the temperature coefficient of a ferrite magnet, and the temperature coefficient of YIG may cancel the non-reciprocal circuit element of the example 2 of comparison, the property is comparatively stable to the temperature change of the external world. However, it is still a value worse than the element of this invention.

[0147] Moreover, in order to obtain an external magnetic field required of a ferrite magnet, magnetic thickness had to be set to 0.8mm or more, and the appearance of a non-reciprocal circuit element became larger than double precision in the height direction.

[0148] Furthermore, since it was small as compared with PbZrO<sub>3</sub>, the horizontal appearance also became [ the dielectric constant of dielectric materials ] large.

[0149]

[Effect of the Invention] As mentioned above, according to this invention, the non-reciprocal circuit element which could be miniaturized and was excellent in the temperature characteristic can be offered.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

---

DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the decomposition perspective diagram showing the whole non-reciprocal circuit element (3 terminal circulator) composition.

[Drawing 2] It is the graph which shows the temperature change of the residual magnetic flux density of a Nd<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>B magnet and a ferrite magnet.

[Drawing 3] the composition of the magnetic rotation child of 3 terminal circulator is shown roughly -- it is a fracture perspective diagram in part

[Drawing 4] It is the decomposition perspective diagram showing the composition of the whole 3 terminal circulator.

[Drawing 5] It is the representative circuit schematic of 3 terminal circulator.

[Drawing 6] It is drawing explaining a part of manufacturing process of the magnetic rotation child of 3 terminal circulator.

[Description of Notations]

1 Irreversibility Magnetic Rotation Child

2 Magnet for External-Magnetic-Field Impression

3 Capacitor

4 Yoke

10 Magnetic Layer

11 Inner Conductor (Central Conductor)

12 Terminal Electrode

13 Grounding -- Conductor (Grand Electrode)

14 Direct-Current Magnetic Field

20 Magnetic Rotation Child

21 Capacitor for Resonance

22 Permanent Magnet for Excitation

23 Permanent Magnet for Excitation

40 Up Sheet

41 Middle Sheet

42 Lower Sheet

43 Veer Hole

44 Up Inner Conductor

45 Lower Inner Conductor

46 Terminal Electrode

47 Grounding -- Conductor

---

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

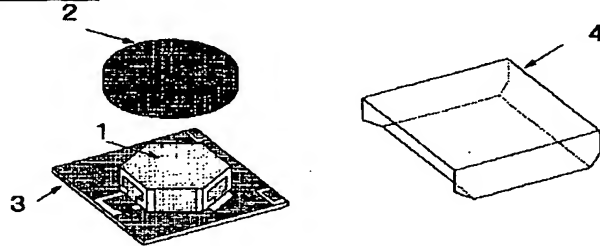
1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.\*\*\* shows the word which can not be translated.

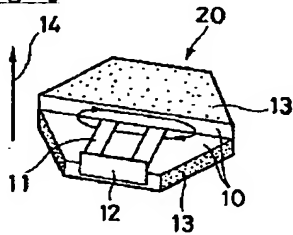
3.In the drawings, any words are not translated.

## DRAWINGS

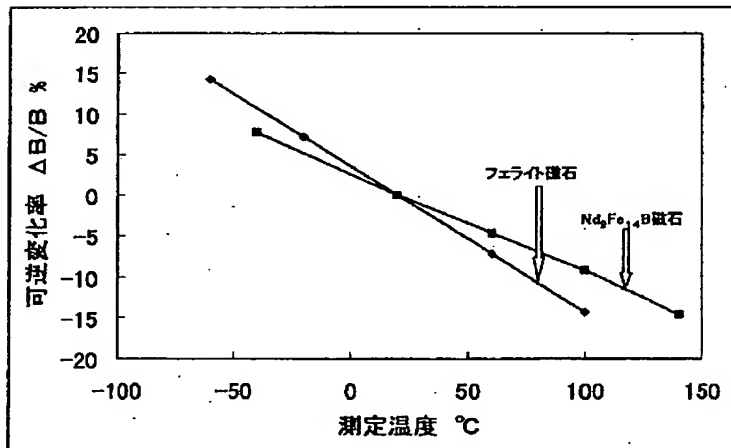
[Drawing 1]



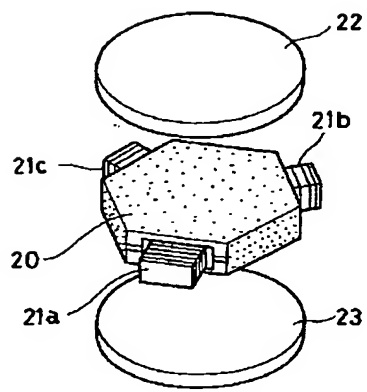
[Drawing 3]



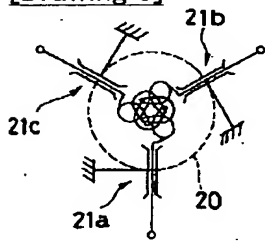
[Drawing 2]



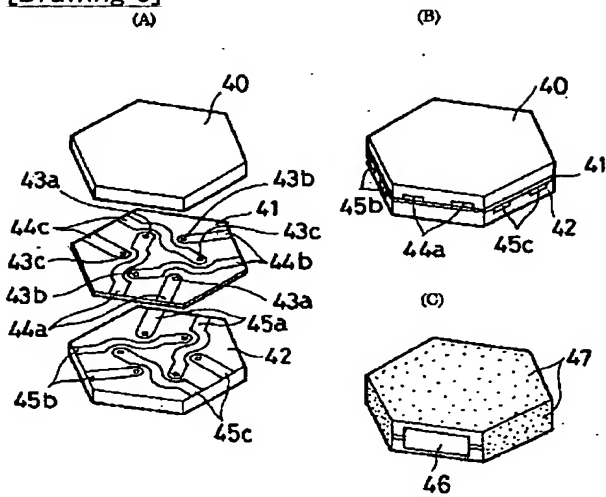
[Drawing 4]



[Drawing 5]



[Drawing 6]



[Translation done.]